

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-182383

(43) 公開日 平成7年(1995)7月21日

| (51) Int.Cl. <sup>9</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号  | F I            | 技術表示箇所  |
|---------------------------|------|---------|----------------|---------|
| G 0 6 F 17/50             |      | 7623-5L | G 0 6 F 15/ 60 | 4 0 0 A |

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平5-323635

(22) 出願日 平成5年(1993)12月22日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 城山 孝二

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 南 俊介

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 石田 智利

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 弁理士 嶋沼 辰之

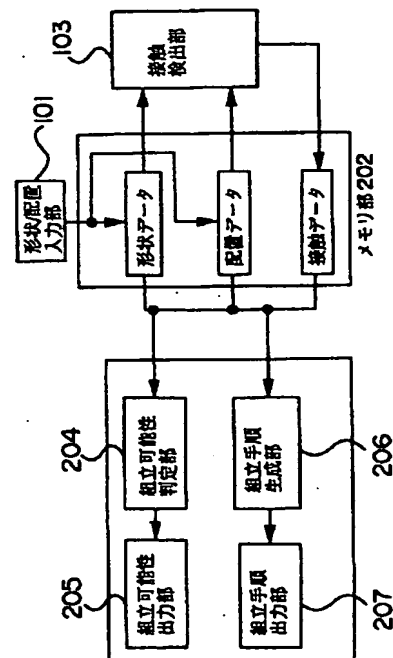
(54) 【発明の名称】 機械設計用データ処理装置及びその方法

(57) 【要約】

【目的】 各部品形状を表す形状データと配置を表す配置データを入力するだけで部品間の接触を表す接触データを生成すること。

【構成】 形状／配置入力部101から各部品の形状を表す形状データと各部品の配置を表す配置データを入力すると、これらのデータがメモリ部202に格納される。そしてメモリ部202に格納された形状データと配置データを基に接触検出部103において各部品間の接触を表す接触データが生成され、このデータがメモリ部202に格納される。そしてメモリ部202に格納された形状データと配置データ及び接触データを基に組立可能性判定部204において組立可能性が判定され、組立手順生成部206において組立手順データの生成が行われる。

【効果】 形状データと配置データを入力するだけで接触データを生成できるので、接触データを入力する必要がなく、設計者の作業が低減できる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の部品で構成される機械の各部品の形状を表す形状データを入力する形状データ入力手段と、前記機械における各部品の配置を表す配置データを入力する配置データ入力手段と、形状データ入力手段の入力による形状データと配置データ入力手段の入力による配置データとから前記部品間相互の接触関係を表す接触データを生成する接触データ生成手段とを備えている機械設計用データ処理装置。

【請求項 2】 複数の部品で構成される機械の各部品の形状を表す形状データを入力する形状データ入力手段と、前記機械における各部品の配置を表す配置データを入力する配置データ入力手段と、形状データ入力手段の入力による形状データと配置データ入力手段の入力による配置データとから前記部品間相互の接触関係を表す接触データを生成する接触データ生成手段と、形状データ入力手段の入力による形状データと配置データ入力手段の入力による配置データ及び接触データ生成手段の生成による接触データを基に前記各部品の組立手順を生成する組立手順生成手段とを備えている機械設計用データ処理装置。

【請求項 3】 複数の部品で構成される機械の各部品の形状を表す形状データを入力する形状データ入力手段と、前記機械における各部品の配置を表す配置データを入力する配置データ入力手段と、形状データ入力手段の入力による形状データと配置データ入力手段の入力による配置データとから前記部品間相互の接触関係を表す接触データを生成する接触データ生成手段と、形状データ入力手段の入力による形状データと配置データ入力手段の入力による配置データ及び接触データ生成手段の生成による接触データを基に前記各部品によって前記機械の組立が可能か否かを判定する組立可能性判定手段と、組立可能性判定手段の判定結果を出力する判定結果出力手段とを備えている機械設計用データ処理装置。

【請求項 4】 接触データ生成手段は、2つの部品間の接触関係として、一方の部品の平面と他方の部品の平面とが接触関係にあることを表す接触データを生成するものとして構成されている請求項 1、2 または 3 記載の機械設計用データ処理装置

【請求項 5】 接触データ生成手段は、2つの部品間の接触関係として、一方の部品の外周面の軸心と他方の部品の穴面の軸心が同軸状で、且つ一方の部品の一部が他方の部品の穴面の領域中に存在することを表す接触データを生成するものとして構成されている請求項 1、2 または 3 記載の機械設計用データ処理装置。

【請求項 6】 接触データ生成手段は、形状データと配置データを基に 3 軸の座標軸に平行な辺を備えて各部品を包む最小の直方体のモデルを表す包含モデルを各部品について生成する包含モデル生成手段と、包含モデル生成手段の生成による包含モデルから包含モデル間に接触

2

または干渉関係があるか否かを判定する接触／干渉関係判定手段と、接触／干渉関係判定手段により接触または干渉関係がある組合せと判定された包含モデルに属する部品の組合せを部品間に接触関係がある組合せの候補として検出する接触候補検出手段と、接触候補検出手段により検出された部品間に実際に接触関係があることを検出する接触関係検出手段とを備えて構成されている請求項 1、2 または 3 記載の機械設計用データ処理装置。

【請求項 7】 接触候補検出手段は、形状データと配置データを基に各部品の 3 軸方向における最大値と最小値を抽出する最大値最小値抽出手段と、最大値最小値抽出手段により抽出された x 軸方向における最大値と最小値との間の領域を各部品の存在領域として算出する x 軸領域算出手段と、x 軸領域算出手段により算出された存在領域を共通の領域とする部品の組合せを x 軸方向における接触候補として検出する x 接触候補検出手段と、最大値最小値抽出手段により抽出された y 軸方向における最大値と最小値との間の領域を各部品の存在領域として算出する y 軸領域算出手段と、y 軸領域算出手段により算出された存在領域を共通の領域とする部品の組合せを y 軸方向における接触候補として検出する y 接触候補検出手段と、最大値最小値抽出手段により抽出された z 軸方向における最大値と最小値との間の領域を各部品の存在領域として算出する z 軸領域算出手段と、z 軸領域算出手段により算出された存在領域を共通の領域とする部品の組合せを z 軸における接触候補として検出する z 接触候補検出手段と、x 接触候補検出手段と y 接触候補検出手段及び z 接触候補検出手段で 3 方向とも共通領域を有するものとして検出された部品の組合せを接触候補として抽出する接触候補抽出手段とから構成されている請求項 6 記載の機械設計用データ処理装置。

【請求項 8】 接触関係検出手段は、接触候補となった部品の形状データを基に接触候補の部品の面に関するデータを抽出する面データ抽出手段と、接触候補となった部品の配置データと面データ抽出手段により抽出された面のデータとから逆向きの平面の組合せを検出する逆向き平面検出手段と、接触候補となった部品の配置データと面データ抽出手段により抽出された面のデータとから同一平面上にある平面の組合せを検出する同一平面検出手段と、接触候補となった部品の配置データと面データ抽出手段により抽出された面のデータとから重なりを持つ平面の組合せを検出する重なり検出手段と、逆向き平面検出手段と同一平面検出手段及び重なり検出手段の各検出力を基に平面と平面とが接触関係にある部品の組合せを抽出する平面-平面接触抽出手段とから構成されている請求項 6 記載の機械設計用データ処理装置。

【請求項 9】 接触関係検出手段は、接触候補となった部品の形状データを基に接触候補の部品の面に関するデータを抽出する面データ抽出手段と、接触候補となった部品の配置データと面データ抽出手段により抽出された

3

面のデータのうち円柱面と穴面のデータを基に中心線が同一線上にある円柱面と穴面の組合せを検出する同一線上中心線検出手段と、接触候補となった部品の配置データと面データ抽出手段により抽出された面のデータのうち円柱面と穴面のデータを基に穴の中に円柱が存在する部品の組合せを検出する円柱-穴検出手段と、同一線上中心線検出手段と円柱-穴検出手段の各検出出力を基に円柱面と穴面とが同軸関係にある部品の組合せを抽出する円柱-穴同軸抽出手段とから構成されている請求項6記載の機械設計用データ処理装置。

【請求項10】 組立手順生成手段は、形状データと配置データを基に各部品の任意の軸方向における最大値と最小値を抽出する最大値最小値抽出手段と、最大値最小値抽出手段により抽出された値から各部品が分解可能か否かをチェックするための順位を算出するチェック順位算出手段と、接触データ生成手段の生成による接触データと任意の部品を移動可能な方向に移動したときの他の部品との干渉関係を表す干渉データを記憶する接触/干渉記憶手段と、チェック順位算出手段の算出による順位に従って各部品の形状データと配置データ及び接触/干渉記憶手段に記憶されたデータを順次取り込みこれらのデータを基に各部品が分解可能か否かを判定する分解判定手段と、分解判定手段により分解可能と判定されたときにその部品の判定順位と移動方向を記憶する分解順位記憶手段と、分解判定手段の判定結果により接触/干渉記憶手段に記憶されているデータの削除及び追加を行うメモリ変更手段と、分解順位記憶手段に記憶された各部品の判定順位と移動方向から各部品の組立順位と移動方向に関するデータを生成する組立手順データ生成手段とから構成されている請求項2記載の機械設計用データ処理装置。

【請求項11】 組立可能性判定手段は、形状データと配置データを基に各部品の任意の軸方向における最大値と最小値を抽出する最大値最小値抽出手段と、最大値最小値抽出手段により抽出された値から各部品が分解可能か否かをチェックするための順位を算出するチェック順位算出手段と、接触データ生成手段の生成による接触データと任意の部品を移動可能な方向に移動したときの他の部品との干渉関係を表す干渉データを記憶する接触/干渉記憶手段と、チェック順位算出手段の算出による順位に従って各部品の形状データと配置データ及び接触/干渉記憶手段に記憶されたデータを順次取り込みこれらのデータを基に各部品が分解可能か否かを判定する分解判定手段と、分解判定手段の判定結果接触/干渉記憶手段に記憶されているデータの削除及び追加を行うメモリ変更手段と、分解判定手段の判定結果を基に組立可能性に関するデータを生成する組立可能性データ生成手段とから構成されている請求項3記載の機械設計用データ処理装置。

【請求項12】 複数の部品で構成される機械の各部品

4

の形状を表す形状データを入力する形状データ入力ステップと、前記機械における各部品の配置を表す配置データを入力する配置データ入力ステップと、形状データ入力ステップの入力による形状データと配置データ入力ステップの入力による配置データとから前記部品間相互の接触関係を表す接触データを生成する接触データ生成ステップとを備えている機械設計用データ処理方法。

【請求項13】 複数の部品で構成される機械の各部品の形状を表す形状データを入力する形状データ入力ステップと、前記機械における各部品の配置を表す配置データを入力する配置データ入力ステップと、形状データ入力ステップの入力による形状データと配置データ入力ステップの入力による配置データとから前記部品間相互の接触関係を表す接触データを生成する接触データ生成ステップと、形状データ入力ステップの入力による形状データと配置データ入力ステップの入力による配置データ及び接触データ生成ステップの生成による接触データを基に前記各部品の組立手順を生成する組立手順生成ステップとを備えている機械設計用データ処理方法。

【請求項14】 複数の部品で構成される機械の各部品の形状を表す形状データを入力する形状データ入力ステップと、前記機械における各部品の配置を表す配置データを入力する配置データ入力ステップと、形状データ入力ステップの入力による形状データと配置データ入力ステップの入力による配置データとから前記部品間相互の接触関係を表す接触データを生成する接触データ生成ステップと、形状データ入力ステップの入力による形状データと配置データ入力ステップの入力による配置データ及び接触データ生成ステップの生成による接触データを基に前記各部品によって前記機械の組立が可能か否かを判定する組立可能性判定ステップとを備えている機械設計用データ処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、機械設計用データ処理装置に係り、特に、各種機械装置の設計作業をする際に、機械装置の組立可能性の判定や組立手順の生成に好適な機械設計用データ処理装置及びその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、各種機械装置を設計するに際しては、CADなどの機械設計用データ処理装置が用いられている。そしてこのような装置を用いて機械装置の設計作業をする際には、各部品の形状を表す形状データや各部品が互いに接触していることを表す接触データを入力し、これらのデータを基に各部品の配置されている位置を表す配置データを生成し、形状データと接触データ及び配置データに従って各部品の組立可能性の判定や組立手順を生成することが行われている。

【0003】 即ち、設計ができて組立ができないことを防止するために、機械の組立可能性の判定を行って

10

20

30

40

50

5

る。また、所定の順序では組立られるが、ランダムな順序では組立ができないことがあるので、正しい組立順序を設定することが必要であるため、機械の組立手順の生成を行っている。そして組立可能性を判定するに際しては、各部品の全ての接触データから各部品の移動できる方向を求め、移動できる方向があるときにはその方向に部品を移動させることを試み、そのときに他の部品と干渉しないかを求め、干渉がなければその部品が分解可能と判断し、その部品を分離する。即ち、分解する操作を行うようにしている。このように、まず移動できる方向を求め、次に、干渉の判定をするには、移動できる方向の選定に比較して干渉判定に非常に時間がかかるからである。そして、この処理を部品がなくなるか、分解できる部品がなくなるまで繰り返し行い、処理すべき部品がなくなれば組立可能であり、分解した部品の順番から組立手順を求める方法を採用している。

【0004】上記技術に関する文献としては、金井他：部品モデル情報に基づくアセンブリ状態の決定、1991年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集、金井他：統合化組立工程設計支援システムの開発（第3報）—部品間接触拘束条件に基づく組立手順生成に関する研究—、1992年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集が挙げられる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来技術では、組立可能性を判定したり、組立手順を生成したりするに際しては、ユーザが全ての部品の接触データを入力しなければならない。しかも、この接触データの数膨大であるため、マウス等で接触データをひとつひとつピックアップすることによりデータを入力する方法では非常に手間がかかる。さらに、ユーザが全ての部品の接触データが入力されているか否かを確認することも非常に手間がかかる。そして接触データに洩れがあると、移動方向の算出が正しくできず、移動できない方向に移動できると判定する恐れもあるため、不必要な干渉チェックが増え、組立可能性の判定及び組立手順の生成の処理時間が大きくなる。

【0006】本発明の第1の目的は、形状データと配置データを入力するだけで接触データを生成することができる機械設計用データ処理装置及びその方法を提供することにある。

【0007】本発明の第2の目的は、形状データと配置データとから機械の組立手順を生成することができる機械設計用データ処理装置及びその方法を提供することにある。

【0008】本発明の第3の目的は、形状データと配置データとから機械の組立可能性を判定することができる機械設計用データ処理装置及びその方法を提供することにある。

【0009】

6

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明は、第1の装置として、機械の各部品の形状を表す形状データと機械の各部品の配置を表す配置データをそれぞれ入力する入力手段と、各入力データを基に部品間相互の接触関係を表す接触データを生成する接触データ生成手段とを備えている機械設計用データ処理装置を構成したものである。

【0010】第2の装置として、形状データと配置データとから部品間相互の接触関係を表す接触データを生成する接触データ生成手段と、形状データと配置データ及び接触データを基に各部品の組立手順を生成する組立手順生成手段とを備えた機械設計用データ処理装置を構成したものである。

【0011】第3の装置として、形状データと配置データをそれぞれ入力する入力手段と、形状データと配置データとから部品間相互の接触関係を表す接触データを生成する接触データ生成手段と、形状データと配置データ及び接触データを基に各部品によって機械の組立が可能か否かを判定する組立可能性判定手段と、この判定手段の判定結果を出力する判定結果出力手段とを備えている機械設計用データ処理装置を構成したものである。

【0012】前記各装置において、接触データ生成手段としては、2つの部品間の接触関係として、一方の部品の平面と他方の部品の平面が逆向きで、且つ同一平面上に存在し、さらに重なりを持つことを表す接触データを生成するものとして構成されているものを用いることができる。

【0013】同じく、接触データ生成手段としては、2つの部品間の接触関係として、一方の部品の外周面の軸心と他方の部品の穴面の軸心が同軸上で、且つ一方の部品の一部が他方の部品の穴面の領域中に存在することを表す接触データを生成するものとして構成されているものを用いることができる。

【0014】さらに接触データ生成手段としては、形状データと配置データを基に3軸の座標軸に平行な辺を備えて各部品を包む最小の直方体のモデルを表す包含モデルを各部品について生成する包含モデル生成手段と、包含モデル生成手段の生成による包含モデルから包含モデル間に接触または干渉関係があるか否かを判定する接触／干渉関係判定手段と、接触／干渉関係判定手段により接触または干渉関係がある組合せと判定された包含モデルに属する部品の組合せを部品間に接触関係がある組合せの候補として検出する接触候補検出手段と、接触候補検出手段により検出された部品間に実際に接触関係があることを検出する接触関係検出手段とを備えて構成されているものを用いることができる。

【0015】接触候補検出手段としては、形状データと配置データを基に各部品の3軸方向における最大値と最小値を抽出する最大値最小値抽出手段と、最大値最小値抽出手段により抽出されたx軸方向における最大値と最

7

小値との間の領域を各部品の存在領域として算出する x 軸領域算出手段と、x 軸領域算出手段により算出された存在領域を共通の領域とする部品の組合せを x 軸方向における接触候補として検出する x 接触候補検出手段と、最大値最小値抽出手段により抽出された y 軸方向における最大値と最小値との間の領域を各部品の存在領域として算出する y 軸領域算出手段と、y 軸領域算出手段により算出された存在領域を共通の領域とする部品の組合せを y 軸方向における接触候補として検出する y 接触候補検出手段と、最大値最小値抽出手段により抽出された z 軸方向における最大値と最小値との間の領域を各部品の存在領域として算出する z 軸領域算出手段と、z 軸領域算出手段により算出された存在領域を共通の領域とする部品の組合せを z 軸方向における接触候補として検出する z 接触候補検出手段と、x 接触候補検出手段と y 接触候補検出手段及び z 接触候補検出手段で 3 方向とも共通領域を有するものとして検出された部品の組合せを接触候補として抽出する接触候補抽出手段とから構成されているものを用いることができる。

【0016】接触関係検出手段としては、接触候補となった部品の形状データを基に接触候補の部品の面に関するデータを抽出する面データ抽出手段と、接触候補となった部品の配置データと面データ抽出手段により抽出された面のデータとから逆向きの平面の組合せを検出する逆向き平面検出手段と、接触候補となった部品の配置データと面データ抽出手段により抽出された面のデータとから同一平面上にある平面の組合せを検出する同一平面検出手段と、接触候補となった部品の配置データと面データ抽出手段により抽出された面のデータとから重なりを持つ平面の組合せを検出する重なり検出手段と、逆向き平面検出手段と同一平面検出手段及び重なり検出手段の各検出出力を基に平面と平面とが接触関係にある部品の組合せを抽出する平面-平面接触抽出手段とから構成されているものを用いることができる。

【0017】さらに接触関係検出手段としては、接触候補となった部品の形状データを基に接触候補の部品の面に関するデータを抽出する面データ抽出手段と、接触候補となった部品の配置データと面データ抽出手段により抽出された面のデータのうち円柱面と穴面のデータを基に中心線が同一線上にある円柱面と穴面の組合せを検出する同一線上中心線検出手段と、接触候補となった部品の配置データと面データ抽出手段により抽出された面のデータのうち円柱面と穴面のデータを基に穴の中に円柱が存在する部品の組合せを検出する円柱-穴検出手段と、同一線上中心線検出手段と円柱-穴検出手段の各検出出力を基に円柱面と穴面とが同軸関係にある部品の組合せを抽出する円柱-穴同軸抽出手段とから構成されているものを用いることができる。

【0018】第 2 の装置の組立手順生成手段としては、形状データと配置データを基に各部品の任意の軸方向に

8

における最大値と最小値を抽出する最大値最小値抽出手段と、最大値最小値抽出手段により抽出された値から各部品が分解可能か否かをチェックするための順位を算出するチェック順位算出手段と、接触データ生成手段の生成による接触データと任意の部品を移動可能な方向に移動したときの他の部品との干渉関係を表す干渉データを記憶する接触/干渉記憶手段と、チェック順位算出手段の算出による順位に従って各部品の形状データと配置データ及び接触/干渉記憶手段に記憶されたデータを順次取り込みこれらのデータを基に各部品が分解可能か否かを判定する分解判定手段と、分解判定手段により分解可能と判定されたときにその部品の判定順位と移動方向を記憶する分解順位記憶手段と、分解判定手段の判定結果により接触/干渉記憶手段に記憶されているデータの削除及び追加を行うメモリ変更手段と、分解順位記憶手段に記憶された各部品の判定順位と移動方向から各部品の組立順位と移動方向に関するデータを生成する組立手順データ生成手段とから構成されているものを用いることができる。

【0019】第 3 の装置の組立可能性判定手段としては、形状データと配置データを基に各部品の任意の軸方向における最大値と最小値を抽出する最大値最小値抽出手段と、最大値最小値抽出手段により抽出された値から各部品が分解可能か否かをチェックするための順位を算出するチェック順位算出手段と、接触データ生成手段の生成による接触データと任意の部品を移動可能な方向に移動したときの他の部品との干渉関係を表す干渉データを記憶する接触/干渉記憶手段と、チェック順位算出手段の算出による順位に従って各部品の形状データと配置データ及び接触/干渉記憶手段に記憶されたデータを順次取り込みこれらのデータを基に各部品が分解可能か否かを判定する分解判定手段と、分解判定手段の判定結果接触/干渉記憶手段に記憶されているデータの削除及び追加を行うメモリ変更手段と、分解判定手段の判定結果を基に組立可能性に関するデータを生成する組立可能性データ生成手段とから構成されているものを用いることができる。

【0020】

【作用】前記した手段によれば、形状データと配置データを入力するだけで、これらのデータを基に接触データが生成される。そして接触データが生成されると、形状データと配置データ及び接触データを基に各部品の組立手順が生成されると共に、各部品によって機械の組立が可能か否かの判定が行われ、この判定結果が出力される。このため接触データを生成したり、組立手順を生成したり、更には組立可能性を判定したりするのに接触データの inputs が不要となり、設計者の作業を減らすことができる。また接触データに洩れが生じることがないため、組立可能性の判定及び組立手順の生成の処理時間の増大を防止することができる。

## 【0021】

【実施例】以下、本発明の1実施例を図面に基づいて説明する。

【0022】図1において、本実施例における機械設計用データ処理装置は、接触データ生成装置、組立可能性判定装置及び組立手順生成装置として、形状／配置入力部101、接触検出部103、メモリ部202、組立可能性判定部204、組立可能性出力部205、組立手順生成部206、組立手順出力部207を備えて構成されている。形状／配置入力部101はキーボード、マウス等を備え、機械の各部品の形状を表す形状データを入力する形状データ入力手段を構成すると共に、機械の各部品の配置を表す配置データを入力する配置データ入力手段として構成されている。そして入力された形状データと配置データはそれぞれメモリ部202に格納される。接触検出部103は、メモリ部202から形状データと配置データを取り込み、これらのデータを基に2つの部品間の接触関係を検出し、検出した接触関係を接触データとしてメモリ部202に格納する接触データ生成手段として構成されている。組立可能性判定部204はメモリ部202に格納された接触データと形状データ及び配置データを基に各部品によって機械の組立が可能か否かを判定する組立可能性判定手段として構成されている。

【0023】ここで、組立可能性の判定とは、機械装置が組立可能か不可能かを判定することをいう。このような判定を行うのは、例えば図2に示すように、設計中の機械装置には、組み立てられた状態では部品同士の干渉はないが、組み立てることが不可能である場合がある。図2に示す装置では、部品21と部品22を分離することはできない。即ち、部品21を下に動かそうとすると網線部601にぶつかり、上へ動かそうとすると斜線部602にぶつかり、組立が不可能である。このように、分離できない部品が存在する機械装置を組立不可能という。

【0024】一方、全ての部品が分離可能な機械装置は組立可能である。そして組立可能と判定された判定結果は、CRT、プリンタ等を備えた組立可能性出力部205に出力される。さらに組立可能性判定部204で組立が可能と判定されたときには、組立手順生成部206において、形状データと配置データ及び接触データを基に組立手順データの生成が行われる。この組立手順とは機械装置の組立が可能な順番のことをいう。例えば、図3に示す機械装置の場合、部品24と部品25を組み立てて部品26を組み立てるか或は部品25と部品26を組み立てて部品24を組み立てれば機械装置を組み立てることができる。しかし、最初に部品24と部品26を組み立てると、部品24か部品26が邪魔になって部品25を入れることができず、組み立てることができない。そこで、部品24、部品25、部品26、或は部品25、部品26、部品24のように、組み立てることが

可能な順番を組立手順として設定し、設定された順番に従った組立手順データを生成することとしている。そして生成された組立手順データは画面、タイプライタ等を有する組立手順出力部207に出力される。

【0025】次に、具体的な実施例を図4の歯車ポンプを入力例として説明する。図4において、歯車ポンプは複数の部品1～15-4（各部品で相互に関連を有するものには数字の後に符号-を付してある。）を備えて構成されている。そして部品13はC型止め輪で分解時の形に変形してある。また部品14、15は図中に2つずつしか示していないが、実際には6つずつ存在している。

【0026】まず、図4に示す歯車ポンプの各部品1～15に関する形状データと配置データが形状／配置入力部101から入力されると、これらのデータがメモリ部202に格納される。そして、メモリ部202に格納されたデータを基に、接触検出部103において2つの部品間の接触関係が検出される。この接触関係には平面－平面接触と円柱－穴同軸がある。平面－平面接触は、平面と平面が接触することをいう。円柱－穴同軸は円柱面と穴面が同軸で、且つ円柱が穴の中に一部でも存在することをいう。この場合、円柱面と穴面の間に隙間や他の部品が入るケースも考えられる。しかし、円柱面と穴面が同軸で、且つ円柱が穴の中に一部でも存在すれば、円柱面を持つ部品は、円柱面の土軸ベクトル以外の方向に移動しても穴面にぶつかるため、取り外すことができない。このため円柱面が穴面の間に隙間や他の部品が入っても、取り外すことができる方向は円柱面と穴面が接触している場合と同じである。この関係は、穴面を有する部品も同様である。従って、同軸で円柱が穴の中に一部でも存在する円柱面と穴面の組み合わせは接触関係にあるといえる。

【0027】なお、円柱面と穴面以外の曲面は、平面に近似することにより接触関係を検出する。

【0028】形状データと配置データを基に2つの部品間の接触関係が検出されると、例えば、部品1については以下のような接触関係が検出される。

【0029】図5(a)に示す法線ベクトルが(1、0、0)の面aで部品2の面a'と平面－平面接触、図5(a)に示す法線ベクトルが(-1、0、0)の面bで部品3の面b'と平面－平面接触、図5(b)に示す軸ベクトルが(1、0、0)の穴面aで部品4、部品6、部品8-1、部品8-3の円柱面と円柱－穴同軸、同じく軸ベクトルが(1、0、0)の穴面bで部品5、部品7、部品8-2、部品8-4の円柱面と円柱－穴同軸、軸ベクトルが(1、0、0)の穴面cで部品14-1の円柱面と円柱－穴同軸、軸ベクトルが(1、0、0)の穴面dで部品14-4の円柱面と円柱－穴同軸、軸ベクトルが(1、0、0)の穴面eで部品15-1の円柱面と円柱－穴同軸、軸ベクトルが(1、0、

0) の穴面 f で部品 15-4 の円柱面と円柱-穴同軸、その他、図 10 では省略したが、軸ベクトルが (1、0、0) の穴面で部品 14-2、14-3、14-5、14-6、15-2、15-3、15-5、15-6 の円柱面と円柱-穴同軸。

【0030】全ての部品について接触データが検出されると、各接触データは図 6 に示すように、部品毎にメモリ部 202 に格納される。図 6 において、901 は部品の名称を表し、902 は接触の種類、即ち平面-平面接触か円柱-穴同軸かを表す。903 は平面-平面接触の場合には接触している面の法線ベクトル、円柱-穴同軸の場合には円柱か穴の軸ベクトルを表す。904 は接触する相手の部品を表す。

【0031】各部品について図 6 に示すような接触データを検出する場合、全てのデータを検索して接触関係を検出するのでは時間を要するため、本実施例では、まず、接触する部品の組み合わせの候補を検出することとしている。このため、本実施例における接触検出部 103 には接触候補検出部 1101 と接触判定部 1102 が設けられている。

【0032】以下、接触検出部 103 について詳細に述べる。接触検出部 103 は、図 7 に示すように、接触候補検出部 1101 と接触判定部 1102 を備えており、形状データと配置データとから接触候補検出部 1101 において接触する部品の組み合わせの候補を検出し、この検出結果を接触判定部 1102 へ出力するようになっている。そして接触判定部 1102 において形状データと配置データと接触候補の検出結果を基に各部品が実際に接触関係にあるか否かを判定するようになっている。

【0033】ここで、接触する部品の組み合わせの候補を検出するに際しては、各部品の包含モデルの干渉及び接触を調べることによって実現することとしている。包含モデルとは直交座標軸の各軸に平行な辺を有し、その部品を包む最も小さな直方体のことを云う。そして接触する部品の組み合わせの候補を検出する際に、包含モデルを作成するのは、部品同士が接触していれば包含モデルが必ず接触又は干渉するので、漏れなく接触する組み合わせの候補を高速に検出できるためである。

【0034】図 8 の (a)、(b) は、接触している 2 つの部品を接触している面に垂直な平面に投影した例である。図 8 において、実線は部品の形状を表し、破線は包含モデルを表す。そして部品が実際に接触している部分は太線で示している。図 8 から理解されるように、部品同士が接触していれば、包含モデルは必ず接触又は干渉することとなる。

【0035】接触候補検出部 1101 で接触する部品の組み合わせの候補が検出され、例えば部品 4 に接触する部品の候補として以下の部品が検出される。部品 10、2、13、12、11-1、11-2、1、8-1、6、9-1、8-3、3。

【0036】なお、部品 1、4、5 の包含モデルを実線で表し、実際の部品を破線で表すと、図 9 のようになる。そして、図 9 から理解されるように、部品 4 と部品 1 の包含モデルは図の斜線部分 1301 で干渉する。一方、部品 4 と部品 5 の包含モデルは接触/干渉部分を持たない。このため部品 4 と部品 5 は接触候補とならない。

【0037】次に、接触候補検出部 1101 の具体的な構成を図 10 に従って説明する。接触候補検出部 1101 は最大/最小検出部 1401、最大/最小メモリ 1402、ソート部 1403、ソートメモリ 1404、接触候補判定部 1405 を備えて構成されている。最大/最小検出部 1401 は、形状データと配置データを基に各部品の 3 軸方向における最大値と最小値を抽出する最大値最小値抽出手段として構成されている。3 軸を x、y、z 軸としたとき、各軸方向における最大値と最小値が検出され、検出されたデータが最大/最小メモリ 1402 に格納される。最大/最小メモリ 1402 に格納されたデータはソート部 1403 に転送され、ソート部 1403 で各方向毎に、最大値、最小値それぞれ合わせたものを値によってソートする処理が行われる。この結果はソートメモリ 1404 に格納される。そして最大/最小メモリ 1402 に格納されたデータを基に接触候補判定部 1405 で接触候補が検出される。

【0038】接触候補判定部 1405 で接触候補を検出するに際しては、以下の点を考慮して行うこととしている。即ち、各部品の包含モデルの存在範囲は、実際の部品の x、y、z 方向の存在範囲と一致する。そこで、接触候補を能率的に求めるために、最大/最小検出部 1401 で各部品の x、y、z 方向の最大値と最小値を求めることとしている。図 11 は、立体で表される部品を x-y 平面に投影した例である。図 11 に示すように、部品の形状を実線で表し、部品の包含モデルを破線で表した場合、部品の最小値と最大値は包含モデルの最小値と最大値と一致することになる。このため、各包含モデルについて、x 方向の最大値、x 方向の最小値、y 方向の最大値、y 方向の最小値を求めることができる。また z 方向の最大値と最小値も同様に求めることができる。そして最大/最小検出部 1401 で各部品について検出されたデータは、図 12 に示すように、最大/最小メモリ 1402 に格納される。

【0039】次に、最大/最小メモリ 1402 に格納されたデータを基にソート部 1403 で各方向毎に、最大値、最小値を合わせたものを値によってソートする処理を行うと、図 12 に示すデータが図 13 に示すデータに並び変えられる。この場合、最大値と最小値で値が等しいものがあるときには最大値を優先する。そしてこの場合、x 方向の I 番目の値は「ソートデータ：x 方向

(I)」と表すこととする。そしてソートされたデータはソートメモリ 1404 に格納される。ソートメモリ 1

13

404に格納されたデータは接触候補判定部1405に転送される。

【0040】接触候補判定部1405は、図14(a)に示すように、x方向共通領域判定部1601、y方向共通領域判定部1602、z方向共通領域判定部1603を備えて構成されている。x方向共通領域判定部1601は、ソートメモリ1404に格納されたソートデータからx方向で共通する領域を有する部品の組み合わせを求め、これを接触候補とする。y方向共通領域判定部1602は、x方向共通領域判定部1601で求められた接触候補のうち、ソートメモリ1404に格納されたソートデータからy方向で共通する領域を有する部品の組み合わせを求めるようになっている。z方向共通領域判定部1603は、y方向共通領域判定部1602で求められた接触候補のうち、ソートメモリ1404に格納されたソートデータからz方向で共通する領域を有する部品の組み合わせを求めるようになっている。そしてz方向共通領域判定部1603で求められた部品の組み合わせが接触候補となる。即ち、接触候補判定部1405はソート部1403と共に、x軸領域算出手段、x接触候補検出手段、y軸領域算出手段、y接触候補検出手段、z軸領域算出手段、z接触候補検出手段、接触候補抽出手段を構成するようになっている。そして接触候補判定部1405の構成としては、x方向共通領域判定部1601、y方向共通領域判定部1602、z方向共通領域判定部1603の順番が入替わっても良い。この場合、最初の判定部は全ての部品を対象とし、以後の判定部は前の判定部で求められた部品の組み合わせを対象とする。

【0041】また接触候補判定部1405は、図14(b)に示すような構成でも実現することができる。この構成の場合には、x方向共通領域判定部1601、y方向共通領域判定部1602、z方向共通領域判定部1603で全ての部品の組み合わせを対象としてそれぞれの方向毎に独立に共通領域を有する部品の組み合わせを求める。そしてx/y/z接触候補抽出部1604で3方向とも共通領域を有する部品の組み合わせを求め、これを接触候補とする。この接触候補判定部1405の判定結果は接触判定部1102に転送される。

【0042】次に、接触候補判定部1405の具体的な処理を図15に従って説明する。接触候補判定部1405は、図15のPAD図の手順によりソートデータを用いて行われる。まず処理1701において部品数が設定されると、「ソートデータ：x方向(I)」を取り出す処理が行われる。このIは各部品には最大値と最小値があるので、1から部品数の2倍まで変化するソート番号を示す。次に処理1702において、処理1701で取り出されたデータが最大値か否かの判定が行われる。そしてこのデータに対応する部品を部品aとする。処理1702で最大値と判定されたときには、処理1703に

14

において部品aの最小値の入っている順位を求める。そして処理1704において部品aの最大値と最小値の間にある「ソートデータ：x方向(J)」を取り出す。この後処理1705において、「ソートデータ：x方向(J)」が最大値であるか否かの判定を行う。最大値ならば、処理1706においてy方向で共通領域があるか否かを判定する。この判定を行うに際しては、次の図16に示す判定条件が用いられる。

【0043】図16において、矢印は任意の方向における任意の部品の存在範囲を表す。そしてこの部品を部品aとする。このとき、別の任意の部品を部品bとすると、部品bの部品aに対する存在範囲は次の6通りのどれかに当てはまることになる。

【0044】(部品aの最小値 $\leq$ 部品bの最小値 $\leq$ 部品bの最大値 $\leq$ 部品aの最大値) 1802に対応、(部品aの最小値 $\leq$ 部品bの最小値 $\leq$ 部品aの最大値 $\leq$ 部品bの最大値) 1803に対応、(部品bの最小値 $\leq$ 部品aの最小値 $\leq$ 部品bの最大値 $\leq$ 部品aの最大値) 1804に対応、(部品bの最小値 $\leq$ 部品aの最小値 $\leq$ 部品aの最大値 $\leq$ 部品bの最大値) 1805に対応、(部品aの最小値 $\leq$ 部品aの最大値 $<$ 部品bの最小値 $\leq$ 部品bの最大値) 1806に対応、(部品bの最小値 $\leq$ 部品bの最大値 $<$ 部品aの最小値 $\leq$ 部品aの最大値) 1807に対応。

【0045】この内、1802から1805のどれかならば部品aと共通領域を有することになる。そのためには、(部品bの最小値 $\leq$ 部品aの最大値) and (部品aの最小値 $\leq$ 部品bの最大値) が成り立てばよい。よって、判定条件は(部品bの最小値 $\leq$ 部品aの最大値) and (aの最小値 $\leq$ 部品bの最大値) となる。

【0046】次に、処理1707においてz方向に共通領域があるか求める。z方向にも共通領域があるときには、処理1708において部品aと部品bは接触候補として登録される。このような手順で判定を行えば、同じ組み合わせを複数回にわたり判定することはない。

【0047】次に、上述した処理を基に部品1～部品5が接触候補となるか否かについて図17を基に説明する。図17は接触候補判定部1405の処理を2次元で模式的に表したものである。そしてこの図において、各長方形は各部品1～5の包含モデルを表し、斜線部分は2つ以上の包含モデルが重なりを持つ部分を表す。

【0048】まず部品1～5に関するソートデータが入力されると、「ソートデータ：x方向(1)」には部品1の最大値が入り、部品1の最小値は「ソートデータ：x方向(4)」に入る。そして部品1の最大値と部品1の最小値の間に最大値が存在する部品は部品2と部品3である。

【0049】次に、y方向で(部品1の最小値 $\leq$ 部品2の最大値) and (部品2の最小値 $\leq$ 部品1の最大値) の判定条件を基に接触候補を求めると、部品1と部品2



15

は接触候補となる。

【0050】一方、(部品1の最大値<部品3の最小値)となっており、判定条件(部品1の最大値 $\geq$ 部品3の最小値)を満たさないので、部品1と部品3は接触候補にならないこととなる。また、“ソートデータ：x方向(2)”には部品2の最大値が入っている。部品2の最小値は“ソートデータ：x方向(6)”に入っている。そして部品2の最大値と部品2の最小値の間に最大値が存在するのは部品3と部品4である。

【0051】y方向で(部品2の最大値<部品3の最小値)となっており、判定条件(部品2の最大値 $\geq$ 部品3の最小値)を満たさないので、部品2と3は接触候補にならない。y方向で(部品2の最小値 $\leq$ 部品4の最大値) and (部品4の最小値 $\leq$ 部品2の最大値)の判定条件により、部品2と4は接触候補となる。また、“ソートデータ：x方向(3)”には部品3の最大値が入っている。部品3の最小値は“ソートデータ：z方向(7)”に入っている。このため部品3の最大値と最小値の間に最大値が存在するのは部品4である。

【0052】またy方向で(部品3の最小値 $\leq$ 部品4の最大値) and (部品4の最小値 $\leq$ 部品3の最大値)の判定条件により、部品3と4は接触候補となる。このとき“ソートデータ：x方向(5)”には部品4の最大値が入っており、部品4の最小値は“ソートデータ：x方向(9)”に入っている。このため部品4の最大値と最小値の間に最大値が存在するのは部品5である。

【0053】y方向で(部品4の最小値 $\leq$ 部品5の最大値) and (部品5の最小値 $\leq$ 部品4の最大値)の判定条件により、部品4と5は接触候補となる。このとき、“ソートデータ：x方向(8)”には部品5の最大値が入っており、部品5の最小値は“ソートデータ：x方向(10)”に入っている。このため、部品5の最大値と最小値の間には最大値は存在しない。

【0054】上記判定条件を基に、部品1と部品2、部品2と部品4、部品3と部品4、部品4と部品5がそれぞれ接触候補として検出される。なお、3次元の場合には、z方向についてy方向と同様なチェックを行うことになる。

【0055】次に、部品4の接触候補を検出するに際しては、図13に示すソートデータを検索して接触候補が検出される。この場合、部品4の最大値は“ソートデータ：x方向(1)”に入っており、部品4の最小値は“ソートデータ：x方向(58)”に入っている。このため、この最大値と最小値の間に最大値が存在するのは以下の部品として検出される。

【0056】部品10、2、13、12、11-1、11-2、1、5、8-1、8-2、14-1、14-2、14-3、14-4、14-5、14-6、6、7、9-1、9-2、15-1、15-2、15-3、15-4、15-5、15-6、8-3、8-4、3。

16

【0057】このうち、y、z両方向で次の判定条件を満たす部品は以下の部品として検出される。

【0058】(aの最小値 $\leq$ 部品4の最大値) and (部品4の最小値 $\leq$ aの最大値)の判定条件により、以下の部品が部品4と接触候補となる。部品10、2、13、12、11-1、11-2、1、8-1、6、9-1、8-3、3。

【0059】以下同様に、“ソートデータ：x方向(2)”に入っている部品10の最大値から接触候補を検出する。そして、このようにして接触候補が検出されたときには、接触判定部1102で各部品の組み合わせに接触があるか否かの判定が行われる。

【0060】接触判定部1102は、図18に示すように、面抽出部2201、平面近似部2202、平面-平面接触検出部2203、円柱-穴同軸検出部2204を備えて構成されている。面抽出部2201は、メモリ部202に格納された形状データから、接触候補検出部1101で接触候補として検出された部品の面に関するデータを取り出すようになっている。面抽出部2201で抽出された面のデータのうち、平面のデータは平面-平面接触検出部2203に、円柱面と穴面のデータは円柱-穴同軸検出部2204に、円柱面と穴面以外の曲面のデータは平面近似部2202に出力される。平面近似部2202は、入力された曲面のデータを平面のデータに近似して、近似した平面のデータを平面-平面接触検出部2203に出力する。この場合、曲面の近似は、その曲面を有する部品の移動可能な方向が変化しないように近似する。平面-平面接触検出部2203は、メモリ部202に格納された形状データと配置データとから、接触候補検出部1101で接触候補として検出された部品間の平面-平面接触を検出する。円柱-穴同軸検出部2204は、メモリ部202に格納された形状データと配置データ及び面抽出部2201で抽出された円柱面、穴面のデータを基に、接触候補検出部1101で接触候補として検出された部品間の平面-平面接触を検出するようになっている。そしてこれら各部の具体的な構成が以下のようにになっている。

【0061】平面-平面接触検出部2203は、例えば、図19(a)に示すように、逆向き平面検出部2301、同一平面検出部2302、重なり検出部2303を備えて構成されている。逆向き平面検出部2301は、接触候補となった部品の中から、面抽出部2201で抽出された平面のデータ及び平面近似部2202で近似された平面のデータとメモリ部202に格納された配置データとを参照しながら逆向きの平面の組み合わせを検出するようになっている。同一平面検出部2302は、逆向き平面検出部2301で検出された平面の組み合わせの中から、面抽出部2201と平面近似部2202から出力された平面のデータとメモリ部202に格納された配置データとを参照しながら同一平面上にある平

17

面の組み合わせを検出するよになっている。重なり検出部 2303 は、同一平面検出部 2302 で検出された平面の組み合わせの中から、面抽出部 2201 及び平面近似部 2202 から出力された平面のデータとメモリ部 202 に格納された配置データとを参照しながら重なりを持つ平面の組み合わせを検出するよになっている。そしてこの重なり検出部 2303 で検出された平面の組み合わせは平面-平面接触している部品として検出されることになる。そして平面-平面接触検出部 2203 を構成するに際しては、逆向き平面検出部 2301 と同一平面検出部 2302 及び重なり検出部 2303 とは順番を入れ替えてもよい。その場合、最初の検出部は接触候補の全ての平面の組み合わせを対象とし、後の検出部は、前の検出部で検出された平面の組み合わせを対象とする。そして、最後の検出部で検出された平面の組み合わせが平面-平面接触している部品の組み合わせとなる。

【0062】また平面-平面接触検出部 2203 は、図 19 (b) に示すような構成でも実現できる。この構成の場合には、逆向き平面検出部 2301 と同一平面検出部 2302 及び重なり検出部 2303 はそれぞれ全ての接触候補の部品同士の平面の組み合わせの中から、面抽出部 2201 及び平面近似部 2202 から出力された平面のデータとメモリ部 202 に格納された配置データとを参照しながら、逆向きの平面の組み合わせと同一平面上の平面の組み合わせ及び重なりを持つ平面の組み合わせをそれぞれ検出することになる。そして平面-平面接触抽出部 2304 で 3 つの全ての検出部で検出される平面の組み合わせを抽出する。ここで抽出された平面の組み合わせは平面-平面接触している部品の組み合わせを表すことになる。

【0063】一方、円柱-穴同軸検出部 2204 は、図 20 に示すように、同一線上中心線検出部 2401、円柱-穴検出部 2402 備えて構成されている。同一線上中心線検出部 2401 は、接触候補の部品の円柱面と穴面の組み合わせの中から、面抽出部 2201 で抽出された円柱面、穴面のデータと平面近似部 2202 に格納された配置データとを参照しながら、中心線が同一線上にある円柱面と穴面の組み合わせを検出するよになっている。円柱-穴検出部 2402 は、同一線上中心線検出部 2401 で検出された円柱面と穴面の組み合わせの中から、面抽出部 2201 で抽出された円柱面、穴面のデータとメモリ部 202 に格納された配置データとを参照しながら、穴の中に円柱が存在する組み合わせを検出するよになっている。そして円柱-穴検出部 2402 で検出された円柱面と穴面の組み合わせは円柱-穴同軸の関係を有する部品の組み合わせを示すことにある。この円柱-穴同軸検出部 2204 を構成するに際しては、同一線上中心線検出部 2401 と円柱-穴検出部 2402 は順番を入れ替えてもよい。この場合最初の検出部は、

18

の検出部は前の検出部で検出された円柱面と穴面の組み合わせが対象となる。そして、後の検出部で検出された円柱面と穴面の組み合わせは円柱-穴同軸である。

【0064】また円柱-穴同軸検出部 2204 は、図 19 (b) に示すような構成とすることもできる。この構成の場合には、同一線上中心線検出部 2401 と円柱-穴検出部 2402 は接触候補の全ての円柱面と穴面の組み合わせ及び接触候補の部品の円柱面と穴面の中から、面抽出部 2201 で抽出された円柱面、穴面のデータとメモリ部 202 に格納された配置データとを参照しながら、それぞれ中心線が同一線上にある円柱面と穴面の組み合わせと穴の中に円柱が存在する組み合わせを検出する。そして円柱-穴同軸抽出部 2403 で 2 つの検出部両方で検出される円柱面と穴面の組み合わせを抽出する。この円柱-穴同軸抽出部 2403 で抽出された円柱面と穴面の組み合わせは円柱-穴同軸である。

【0065】平面-平面接触検出部 2203 を図 20 (a) に示すもので構成し、円柱-穴同軸検出部 2204 を図 20 (a) に示すもので構成した場合、図 21 の PAD 図の手順に従って接触があるか否かを判定することができる。ここでは、接触候補である部品 a と部品 b について調べることとする。

【0066】まず、平面-平面接触の検出を行うに際して、処理 2501 において部品 a の平面に関するデータを全て取り出す。そしてこの平面を A とする。次に、処理 2502 において平面 A と逆向きの部品 b の平面に関するデータを全て取り出す。即ち、図 22 に示すように、法線ベクトルが相異なる平面のデータを全て取り出す。そしてこの平面を B とする。そして処理 2503 においては、図 22 (b) に示すように、平面 A と B が同一平面上にあるか否かを判定する。同一平面上にあるときには、処理 2504 において、図 22 (c) に示すように、平面 A と B に重なりがあるか否かを判定する。そして重なりがあるときには、処理 2505 において接触の登録をする。以上の処理が平面-平面接触の検出である。

【0067】次に、部品 a の円柱と部品 b の穴の接触を検出する。まず、処理 2506 において部品 a の円柱に関するデータを全て取り出す。そしてこの円柱を A とする。次に処理 2507 において円柱 A の中心線と同一線上にある中心線を持つ立体 b の穴に関するデータを全て取り出す。そして処理 2508 において穴の中に円柱の一部でも存在するものがあるか否かの判定を行う。このとき存在すれば処理 2509 において接触登録をする。以上の処理が部品 a の円柱と部品 b の穴の接触の検出である。

【0068】次に、部品 a の穴と部品 b の円柱の接触を検出する。まず、処理 2510 において部品 a の穴に関するデータを全て取り出す。そしてこの穴を a とする。次に、処理 2511 において穴 A の中心線と同一線上の

19

ある中心線を持つ立体bの円柱に関するデータを全て取り出す。そして処理2512において穴の中に円柱の一部でも存在するものがあるか否かの判定を行う。そして存在するときには処理2513において接触登録をする。

【0069】以上の処理において、2つの平面が、接触するためには図22に示すように、次の3つの条件を満たしていればよいことになる。

- 【0070】(a) 2つの平面が互いに逆向きである。
- (b) 2つの平面が同一平面上にある。
- (c) 2つの平面が重なりを持つ。

【0071】また円柱と穴が接触するためには図23に示すように、次の2つの条件を満たしていればよいことになる。

- 【0072】(a) 中心線が同一線上にある。
- (b) 穴の中に円柱が一部でも存在する。

以上のようにして、2つの部品間の接触関係の検出が行われる。そしてこの検出を全ての接触候補の組み合わせについて行う。

【0073】次に、具体例として、歯車ポンプの部品1と部品2が接触関係にあるか否かを判定する処理について説明する。図24に示すように、部品1には法線ベクトル(1, 0, 0)の平面a、平面bと法線ベクトル(-1, 0, 0)の平面c、平面dが存在する。また図25に示すように、部品2には法線ベクトル(1, 0, 0)の平面e、f、g、h、iと法線ベクトル(-1, 0, 0)の平面j、k、が存在する。法線ベクトルが逆向きの平面の組み合わせは、逆向きの平面となる。そして部品1の法線ベクトル(1, 0, 0)の平面と部品2の法線ベクトル(-1, 0, 0)の平面で同一平面上にあるのは平面aと平面jである。これは、平面a上の任意の点を(15, 10, 10)、平面j上の任意の点を(15, 95, 0)とすると、法線ベクトル(1, 0, 0)と $|(15, 10, 0) - (15, 95, 0)|$ の内積は0となることから求まる。即ち任意の点のベクトルと法線ベクトルが直交すると内積は0となる。そして、点(15, 95, 0)は平面a上にあるので、この平面は重なりを持つ。よって、部品1は法線ベクトル(1, 0, 0)の平面で部品2と接触し、部品2は法線ベクトル(-1, 0, 0)の平面で部品1と接触する。また、部品1の法線ベクトル(-1, 0, 0)の平面と部品2の法線ベクトル(1, 0, 0)の平面では同一平面上にある組み合わせは存在しない。

【0074】また部品1には、図26に示すように、軸ベクトル(1, 0, 0)の穴a、bが存在し、部品2には、図27に示すように、軸ベクトル(1, 0, 0)の円柱c、dが存在する。そして、穴aと円柱c、穴bと円柱dは中心線が同一線上にある。しかし、穴の中に一部でも円柱が存在する組み合わせは無い。即ち円柱c、dが穴a、bとは異なる領域にあるため、部品1と

20

2では円柱-穴同軸が存在しないことになる。

【0075】このような処理を行うことによって、全ての接触候補の部品の組み合わせについて接触を検出する。そして接触判定部1102で接触候補の検出処理が行われると、実際の検出が以下ようになる。

【0076】法線ベクトルが(1, 0, 0)の平面で部品10、9-1と平面-平面接触、法線ベクトルが(-1, 0, 0)の平面で部品9-1と平面-平面接触、法線ベクトルが(0, 1, 0)の平面で部品10、9-1と平面-平面接触、法線ベクトルが(0, 0, 1)の平面で部品10、9-1と平面-平面接触、法線ベクトルが(0, 0, -1)の平面で部品10、9-1と平面-平面接触、軸ベクトルが(1, 0, 0)の円柱面で部品2、13、12、11-1、11-2、1、8-1、6、8-3、3の穴面と円柱-穴同軸。

【0077】これら検出された部品に関するデータは接触データとしてメモリ部202に格納される。

【0078】接触データが生成されると、このデータは形状データと配置データと共に組立可能性判定部204に転送され、組立可能性判定部204において組立可能性の判定が行われる。そしてこの判定結果は組立可能性出力部205から出力される。そしてこの判定結果が組立可能ならば組立手順生成部206において、形状データと配置データ及び接触データとから組立手順データが生成される。生成された組立手順データは組立手順生成部207から出力される。この出力は、例えば図28に示すように、アニメーションとして出力される。図28は、組立順序19の部品2が(-1, 0, 0)の方向に組み立てられるところを表している。この組み立てるとききの方向を組立方向と呼ぶ。

【0079】以下組立可能性判定部204及び組立手順生成部206の具体的構成について説明する。

【0080】組立可能性判定部204は、図29に示すように、分解部3201、組立可能性変換部3202を備えて構成されている。分解部3201は、配置データと形状データ及び接触データを基に、組み立てられた状態の各部品がその組み立てられた状態から取り外すことができるか否かをチェックするように構成されている。そして分解部3201において、すべてにの部品が取外し可能ならば分解可能、残った部品があれば分解不可能というチェック結果が生成され、この結果が組立可能性変換部3202に出力される。組立可能性変換部3202は分解部3201からの入力データが分解可能ならば組立可能、入力データが分解不可能ならば組立不可能という結果を組立可能性出力部205へ出力する。

【0081】一方、組立手順生成部206は、図30に示すように、分解部3201、分解手順メモリ3302、組立手順変換部3303を備えて構成されている。分解部3201は、組立可能性判定部204で用いられた分解部3201と同様に、組み立てられた状態の各部

21

品がその組み立てられた状態から取り外すことができるか否かをチェックするようになっている。そして取り外した部品を順番に分解方向と共に分解手順メモリ 3302 に格納する。この取り外された部品の順番を分解手順という。組立手順変換部 3303 は分解手順メモリ 3302 に格納された分解手順データの逆の順番を組立手順データとして、分解方向の逆の方向を組立方向としてこのデータを組立手順生成部 207 へ出力する。図 31 は、歯車ポンプを例としたときの分解手順メモリ 3302 に格納された分解手順データを表す。図 32 は歯車ポンプを例としたときの組立手順データを表す。

【0082】組立可能性判定部 204 と組立手順生成部 206 に用いられる分解部 3201 は、例えば、図 33 に示すような構成で実現できる。この分解部 3201 は、ソートデータ作成部 3601、ソートメモリ 1404、チェック順決定部 3603、チェック順メモリ 3604、接触データ複写部 3605、接触／干渉メモリ 3606、分解判定部 3607、メモリ変更部 3608 を備えて構成されている。ソートデータ作成部 3601 は、各部品の任意の方向における最大値、最小値のソートデータを生成するようになっている。ソートメモリ 1404 はソートデータ作成部 3601 で生成されたソートデータを格納する。チェック順決定部 3603 は部品の分解可能性をチェックする順番を決定するようになっている。チェック順メモリ 3604 はチェック順決定部 3603 で決定されたチェック順のデータを格納する。接触データ複写部 3605 は、メモリ部 202 の格納された接触データを読み出し、このデータを接触／干渉メモリ 3606 に格納する。接触／干渉メモリ 3606 は、接触データとともに干渉データを格納するメモリである。分解判定部 3607 は、部品が分解できるか否かを判定するようになっている。メモリ変更部 3608 は分解判定部 3607 の判定結果に従って、接触／干渉メモリ 3606 に格納されているデータの削除、追加を行うようになっている。以下各部の具体的構成について説明する。

【0083】ソートデータ作成部 3601 は、図 10 の最大／最小検出部 1401 と最大／最小メモリ 1402 及びソート部 1403 とから構成されており、各部品の任意の方向における最大値／最小値を求め、これらのデータを方向毎にソートし、生成されたソートデータをソートメモリ 1404 に格納する。

【0084】チェック順決定部 3603 は、ソートメモリ 1404 に格納されたソートデータを用いて、各部品が分解可能か否かをチェックするための部品の順番を決定するようになっている。このチェックする順番は任意の方向において、原点から遠くに位置する順番とする。例えば、部品 1 が x 軸方向に沿って分解可能かをチェックする順番を決定するに際しては、図 34 に示すように、部品 1 は x 軸方向に 33 から -33 まで存在する。

22

よって原点に 1 番近い座標は 0 である。一方、部品 2 は 63 から 15 までの領域に存在する。よって、部品 2 の原点に 1 番近い座標は 15 である。この 2 つの部品では部品 2 の方が原点から遠くに位置している。このように、各部品の原点に 1 番近い座標を求め、その値の絶対値の大きい順をチェック順とする。この任意の方向は複数の方向の組み合わせでもよい。そして決定されたチェック順データは、図 35 に示すようなチェック順データとしてチェック順メモリ 3604 に格納される。

【0085】接触データ複写部 3605 はメモリ部 202 に格納された接触データを複写し、接触／干渉メモリ 3606 に格納する。接触／干渉メモリ 3606 は、接触データと共に干渉データを格納する。例えば、図 4 の歯車ポンプの場合、部品 13 は、(1、0、0) 方向に可動であるが、部品 10 と干渉するため、分解できない。このような場合、図 36 に示すような干渉データが格納される。この干渉データは分解判定部 3607 の判定結果によりメモリ変更部 3608 によって格納される。図 36 において、3901 は部品 10 が他の部品を移動したとき干渉の対象になることを表している。3902 はその移動した方向を表す。また 3903 は移動した部品を表す。さらに 3904 は部品 13 を移動したときに、他の部品と干渉して分解できないことを表す。また 3905 は移動方向を表し、3906 は干渉する部品を表す。

【0086】分解判定部 3607 は、チェック順メモリ 3604 に格納されたチェック順に接触／干渉メモリ 3606 に格納された各部品の接触／干渉データを読み込み、メモリ部 202 に格納された形状データと配置データ及びソートメモリ 1404 に格納されたソートデータとを参照して、その部品が可動か不動かの判定を行い、可動の場合には移動したとき干渉があるか否かを判定する。この判定結果は、可動かつ干渉なし、可動だが干渉あり、不動の 3 通りとなる。そして可動かつ干渉がないときには、その部品は取外し可能となるので、そのデータを分解手順メモリ 3302 に移動方向と共に格納する。この処理をチェック順の最後の部品まで行い、全ての部品が取り外されたら分解可能という判定結果を、取外しできる部品がなくなったときには分解不可能という判定結果を組立可能性変換部 3202 に出力する。

【0087】メモリ変更部 3608 は、分解判定部 3607 の判定結果により、接触／干渉メモリ 3606 に格納された接触／干渉データの変更を行う。即ち、可動かつ干渉なしと判定されたときには、判定された部品と関係のある接触／干渉データを削除する。可動だが干渉ありと判定されたときには、判定された部品と干渉する相手の部品との干渉データを接触／干渉データに追加する。また不動と判定されたときには、その結果を接触／干渉データに格納する。

【0088】なお、ある部品が可動且つ干渉なしと判定

23

され、メモリ変更部3608がすでに不動あるいは干渉ありと判定された部品の接触／干渉データを削除した場合、即ち可動且つ干渉なしと判定された部品がすでに不動と判定された部品と接触していた、あるいは他の部品の被干渉部品となっていた場合には、分解判定部3607は改めてそのすでに不動、あるいは干渉ありと判定された部品の分解判定を行う。即ち、部品を取り外していくと、前回不動あるいは干渉ありと判定された部品であっても、その原因となっていた部品が取外されたことによって分解可能となることがあるため、1度分解不可能と判定されても接触／干渉していた部品が分解可能か否かの判定を行うこととしている。

【0089】以下に、歯車ポンプのデータが分解判定部3607に入力されたときの具体的な処理について説明する。

【0090】まず、チェック順メモリ3604に格納されたチェック順データに従った順位が最初である部品10は、(1、0、0)、(0、1、0)に可動で(1、0、0)について干渉をチェックすると干渉がない。よって、この場合には分解手順メモリ3302に部品名である「部品10」と移動方向である(1、0、0)を格納し、接触／干渉データを削除し、次の部品の処理に進む。この処理を以下のように表現する。

【0091】部品10 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除。

【0092】以後、同様にチェック順データに従って各部品の判定を行うと、以下のようになる。部品13 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品12 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品11-1 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品11-2 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品2 不動(部品14-1と接触するため)、部品8-1 不動、部品8-2 不動、部品8-3 不動、部品8-4 不動、部品14-1 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除。

【0093】ここで、部品14-1は、チェック順位が前の部品2と接触していたので、改めて部品2の判定を行う。この場合は、複数回目のチェックであることがわかるように、最初にスペースを入れて表現する。

【0094】部品2 不動、部品14-2 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品2 不動、部品14-3 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品2 不動、部品14-4 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品2 不動、部品14-5 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品2 不動、部品14-6 可動 (1、0、0) 干渉なし

24

し 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品2 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除。

【0095】ここで、部品2は部品14-6よりもチェック順位の早い部品8-1と接触しているため、部品8-1のチェックを再び行う。

【0096】部品8-1 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品8-2 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品15-1 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品3 不動、部品15-2 可動 (-1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品3 不動、部品15-3 可動 (-1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品3 不動、部品15-4 可動 (-1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品3 不動、部品15-5 可動 (-1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品3 不動、部品15-6 可動 (-1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品8-3 可動 (-1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品8-4 可動 (-1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品1可動 (-1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品4 不動、部品5 不動、部品6 可動 (-1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除。

【0097】この場合、部品4は(0、-1、0)方向に可動だが、部品7の干渉を受ける。このときは以下のように表現する。部品4 可動 (0、-1、0) 干渉あり(部品7)。

【0098】以下同様に、部品7 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品5 可動 (0、-1、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品4 可動 (0、-1、0) 干渉あり(部品9-2)、部品9-1 可動 (0、1、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品4 可動 (1、0、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除、部品9-2 可動 (0、1、0) 干渉なし 取外し可能 接触／干渉データ削除。

【0099】このようにして、チェック順位の最後の部品9-2の判定まで行う。そしてこの判定により、この歯車ポンプの場合は全ての部品が取外しできたので、組立可能性変換部3202に分解可能と出力する。分解判定部3607は、例えば図37のような構成で実現できる。分解判定出力部4001は全ての部品の判定が終わったときに、接触／干渉メモリ3606に残った部品があるか否かを判定し、残った部品があれば分解不可能

と、残った部品がないときには分解可能という判定結果を組立可能性変換部3202へ出力する。可動方向算出部4002は、チェック順メモリ3604に格納されたチェック順に接触データ複写部3605に格納された接触/干渉データから各部品が可動か不動かを判定し、可動のときには可動な方向を求める。そして可動ならばその部品を可動な方向と共に干渉チェック部4003へ出力する。一方、不動ならば次の部品の判定を行う。干渉チェック部4003はメモリ部202に格納された形状データと配置データ及びソートメモリ1404に格納されたソートデータを参照しながら、可動方向算出部4002で算出された部品を移動したときに、他の部品と干渉しないか否かをチェックする。このチェックで干渉がないと判定されたときにはその結果を分解手順メモリ3302とメモリ変更部3608へ出力する。一方干渉があるときには、その判定結果をメモリ変更部3608へ出力する。

【0100】可動方向算出部4002の処理は、図38のPAD図の手順に従って行われる。まず、処理4101において部品内の円柱一穴同軸の軸方向ベクトルの種類の数を求める。処理4101において求められた数が2以上ならば処理4102においてその部品を不動と判定し、この処理を終了する。一方、処理4101において求められた数が1ならば処理4103において土軸ベクトルを可動方向候補とする。また処理4101において求められた数が0ならば、いくつかのサンプルの方向を可動方向候補とする。

【0101】まず、処理4104において $(\pm 1, 0, 0)$ 、 $(0, \pm 1, 0)$ 、 $(0, 0, \pm 1)$ が可動方向候補となる。そしてこれらの候補が求められた後は処理4105において平面-平面接触に関するデータを全て取り出す。そして処理4106においてその平面-平面接触している面の法線ベクトルの形を分類する。

【0102】例えば、法線ベクトルを $(a, b, c)$ とした場合、 $a=0, b \neq 0, c \neq 0$ または $a \neq 0, b=0, c \neq 0$ または $a \neq 0, b \neq 0, c=0$ ならば、この法線ベクトルを $(a, b, 0)$ 型と呼ぶ。また $a \neq 0, b \neq 0, c \neq 0$ ならば $(a, b, c)$ と呼ぶ。法線ベクトルが $(a, b, 0)$ 型ならば処理4107において可動方向候補を追加する。追加される可動方向候補は、法線ベクトルが $(a, b, 0)$ ならば、 $(-a, -b, 0)$ 、 $(b, -a, 0)$ 、 $(-b, a, 0)$ を追加し、法線ベクトルが $(a, 0, c)$ ならば、 $(-a, 0, -c)$ 、 $(c, 0, -a)$ 、 $(-c, 0, a)$ を追加し、法線ベクトルが $(0, b, c)$ ならば、 $(0, -b, -c)$ 、 $(0, c, -b)$ 、 $(0, -c, b)$ を追加する。また $a \neq 0, b \neq 0, c \neq 0$ ならば、処理4108において、 $(-a, -b, -c)$ 、 $(0, c, -b)$ 、 $(0, -c, b)$ 、 $(c, 0, -a)$ 、 $(-c, 0, a)$ 、 $(b, -a, 0)$ 、 $(-b, a, 0)$ を可動方向

候補に追加する。

【0103】このようにして可動方向候補を求めたら、処理4109において可動方向候補に関するデータを取り出す。そして処理4110において全ての平面-平面接触している面の法線ベクトルとの内積が0以下(0か負)になるか否かをチェックする。全ての内積が0以下となれば処理4111においてその方向に可動と登録する。

【0104】円柱一穴同軸のある部品では、図39

(a)に示すように、土軸ベクトル方向にしか移動できない。また平面-平面接触のある部品では、図39

(b)に示すように、法線ベクトルと90度以上のなす角を持つ方向、例えば矢印の方向にしか移動できない。このためこれらのことを考慮して可動方向を算出する。そして任意の部品が2種類以上の軸方向ベクトルで円柱一穴同軸であると不動となる。ただし、逆向きの軸ベクトルは同一とみなす。また1種類の軸ベクトルで円柱一穴同軸を持つ部品は、土軸ベクトル方向を可動方向候補とする。また円柱一穴同軸を持たない部品は、幾つかのサンプルを接触候補にする。

【0105】まず、 $\pm x$ 、 $\pm y$ 、 $\pm z$ を可動方向候補とする。次に、平面-平面接触している面の法線ベクトルによって、以下のように可動方向候補を追加する。そして法線ベクトルを $(a, b, c)$ とすると、 $a \neq 0, b \neq 0, c=0$ の時、可動方向候補に $(-a, -b, 0)$ 、 $(b, -a, 0)$ 、 $(-b, -a, 0)$ を追加する。 $a \neq 0, b=0, c \neq 0$ の時、可動方向候補に $(-a, 0, -c)$ 、 $(c, 0, -a)$ 、 $(-c, 0, a)$ を追加する。 $a=0, b \neq 0, c \neq 0$ の時、可動方向候補に $(0, -b, -c)$ 、 $(0, c, -b)$ 、 $(0, -c, b)$ を追加する。 $a \neq 0, b \neq 0, c \neq 0$ の時、可動方向候補に $(-a, -b, -c)$ 、 $(0, c, -b)$ 、 $(0, -c, b)$ 、 $(c, 0, -a)$ 、 $(-c, 0, a)$ 、 $(b, -a, 0)$ 、 $(-b, a, 0)$ を追加する。

【0106】そして、これらの可動方向候補のうち、全ての平面-平面接触する面の法線ベクトルと90度以上のなす角を持つ方向が可動方向となる。また可動方向がないときには不動となる。

【0107】例えば、図4の歯車ポンプの部品10の可動方向を算出すると、以下ようになる。部品10には円柱一穴同軸がない。そして平面-平面接触している面の法線ベクトルは $(-1, 0, 0)$ 、 $(0, -1, 0)$ 、 $(0, 0, 1)$ 、 $(0, 0, -1)$ の4つである。よって、可動方向候補は、 $(1, 0, 0)$ 、 $(-1, 0, 0)$ 、 $(0, 1, 0)$ 、 $(0, -1, 0)$ 、 $(0, 0, 1)$ 、 $(0, 0, -1)$ の6つとなる。このうち、 $(1, 0, 0)$ 、 $(0, 1, 0)$ は全ての平面-平面接触している面の法線ベクトルとの内積が0以下になる。このため可動で可動方向は $(1, 0, 0)$ 、

27

(0, 1, 0)となる。

【0108】一方、部品2を例にとると、以下のようになる。部品2は円柱-穴同軸の軸ベクトルが1種類

(1, 0, 0)存在する。このため、可動方向候補は

(1, 0, 0)、(-1, 0, 0)の2つである。そして、

(1, 0, 0)と内積が0以下にならない(-1,

0, 0)、(-1, 0, 0)と内積が0以下にならない

(1, 0, 0)を法線ベクトルに持つ面が共に平面-平面接触していることになる。このため部品2は不動である。

【0109】4003の処理は図40のPAD図に従って行うことができる。この場合、干渉する候補となる部品を接触候補と呼ぶ。そして最初は移動する部品以外の全ての部品が干渉候補である。

【0110】まず、処理4301においてx、y、zの各方向におけるデータを取り出す。その方向の移動方向ベクトルの要素が処理4302において0より大きい

か、同じか或は小さいかを判定する。移動方向ベクトルの要素が0より大きい時には、処理4303において移動する部品の最小値と同じか小さい最大値を持つ部品を干渉候補より外す。また移動方向ベクトルの要素が0の

時には、処理4304において移動する部品の最大値と同じか最大値より大きい最小値を持つ部品と、移動する部品の最小値と同じか最小値より小さい最大値を持つ部品とを干渉候補から外す。また、移動方向ベクトルの要素が0より小さいときには処理4305において、移動する部品の最大値と同じか大きい最小値を持つ部品を干渉候補より外す。そして残った部品を干渉候補の部品とする。この干渉候補が求まったら、処理4306において移動する部品の移動ベクトルと90度以上の法線ベクトルを持つ要素を取り出す。そして処理4307において干渉候補の部品を取り出す。この後処理4308において取り出した要素を平行移動してできる立体と、干渉候補の部品が干渉するか否かを判定する。そして干渉があるときには処理4309において干渉登録し、このルーチンでの処理を終了する。

【0111】上記処理は、ソートデータを用いて行われ、ソートデータに従って干渉する候補を限定する。そして移動方向を(a、b、c)としたとき、a>0ならば、x方向において移動する部品の最小値以下の最大値を持つ部品は干渉の対象にはならない。一方、a=0ならば、x方向において移動する部品の最小値以下の最大値を持つ部品と移動する部品の最大値以上の最小値を持つ部品とは干渉の対象にはならない。またa<0ならば、x方向において移動する部品の最大値以上の最小値を持つ部品は干渉の対象にはならない。そしてy、z方向についても、b、cの値によって同様なチェックを行い、これらのチェック結果から干渉の候補を限定する。図41に、これらの関係を2次元で模式的に表した例を示す。

【0112】図41において、黒塗が移動する部品の包含モデルを表し、他の長方形がその他の部品の包含モデルを表している。そして、(a)、(b)、(c)それぞれの場合、斜線で示した部品が干渉候補となる。ここで干渉候補がなくなれば干渉はないことになる。また干渉候補が存在するときには、以下の方法で干渉チェックを行う。

【0113】干渉チェックは、移動する部品を移動方向に平行移動することによりできる立体が他の部品と干渉していなければよいことになる。この干渉チェック方法を図42に従って説明する。図42はある部品を移動方向から垂直にみた図である。そして太線が部品を表し、右上がりの斜線は、移動方向ベクトルとなす角が90度以下の法線ベクトルを持つ面を移動したときにできる立体を表している。一方、右下がりの斜線は移動方向ベクトルとなす角度が90度以上の法線ベクトルを持つ面を移動したときにできる立体を表している。

【0114】ここで、移動方向ベクトルとなす角度が90度以下の法線ベクトルを持つ面が平行移動して作る立体は、移動方向ベクトルとなす角度が90度以上の法線ベクトルを持つ面が平行移動して作る立体に含まれる。よって、移動方向ベクトルとなす角度が90度以上の法線ベクトルを持つ面が平行移動して作る立体と干渉候補の部品の干渉をチェックすればよいことになる。

【0115】なお、この方法で干渉をチェックした場合、一方向に移動したときの干渉チェックしかできないが、干渉があったらそこで改めて可動方向を求め、移動するようにすると、移動の途中で方向を変えないと分解できないような部品にも対応できる。

【0116】例えば、歯車ポンプの部品10を(1, 0, 0)に移動する場合の干渉チェックを行うと、ソートデータより対象となるものは部品4だけである。そして法線ベクトル(-1, 0, 0)を面素として(1, 0, 0)方向に移動してできる部品と部品4は干渉しない。よって干渉する部品はないことになる。

【0117】以上の処理によって分解判定が行われる。そしてこの判定結果を基に組立可能性の判定が行われ、組立手順データの生成が行われる。そしてこの組立可能性の判定結果は組立可能性出力部205によって出力され、生成された組立手順は組立手順生成部207から出力されることになる。

【0118】次に、図43に従って本発明の他の実施例について説明する。本実施例においては、形状/接触入力部201から各部品の形状データと配置に必要なだけの接触データとを入力する。この配置に必要なだけの接触データを配置用接触データとする。そしてこれらのデータのうち形状データはメモリ部202に格納され、配置用接触データは配置用接触メモリ4601に格納される。そして配置決定部203は形状データと配置用接触データとから配置データを生成し、このデータをメモリ

29

部 202 に格納する。一方接触検出部 103 は形状データと配置データとから、配置用接触メモリ 4601 に格納された配置用接触データに含まれていない接触データの生成を行う。そして接触検出部 103 で生成された接触データで配置用接触メモリ 4601 に格納された配置用接触データを合わせたものをメモリ部 202 に格納する。

【0119】本実施例においても、メモリ部 202 に格納された形状データ、配置データ接触データを基つて組立可能性の判定及び組立手順データの生成を行うことができる。

【0120】また図 44 は形状変更部 4701 を備えた実施例である。形状変更部 4701 は形状／配置入力部 101 で入力された形状データのうち、C 型止め輪等の組立時と組立完成時で形状が変わる部品を組立時の形状に変更し、変更した形状データをメモリ部 202 に格納する。そしてメモリ部 202 に格納されたデータを基に組立可能性の判定および組立手順データの生成を行うようになっている。これらの処理は前記実施例と同様であるのでこれらの処理についての処理は省略する。

【0121】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、機械を構成する各部品の形状データと配置データを入力するだけで接触データを生成するようにしたため、接触データを入力する必要がなく設計者の作業を減らすことができる。また生成された接触データを基に組立可能性の判定や組立手順の生成を行うようにしたため、組立可能性の判定及び組立手順の生成の処理時間の低減に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第一実施例を示す全体構成図である。

【図 2】組立不可能な例を説明するための図である。

【図 3】組立手順の説明図である。

【図 4】歯車ポンプを構成する部品の組立状態を示す図である。

【図 5】歯車ポンプを用いた平面－平面接触及び円柱－穴同軸の説明図である。

【図 6】メモリ部 202 に格納された接触データの構成図である。

【図 7】接触検出部 103 の具体的構成図である。

【図 8】包含モデルの接触／干渉の説明図である。

【図 9】包含モデルによる接触候補検出の説明図である。

【図 10】接触候補検出部の具体的構成図である。

【図 11】包含モデルの最大値と最小値を求める方法を説明するための図である。

【図 12】最大／最小メモリ 1402 に格納された最大値と最小値のデータ構成図である。

【図 13】ソートメモリ 1404 に格納されたソートデータの構成図である。

30

【図 14】接触候補判定部 1405 の具体的構成図である。

【図 15】接触候補判定部 1405 の処理方法を示す PAD 図である。

【図 16】共通領域の算出方法を説明するための図である。

【図 17】接触候補判定部 1405 の判定方法を説明するための図である。

【図 18】接触判定部 1102 の具体的構成図である。

【図 19】平面－平面接触検出部 2203 の具体的構成図である。

【図 20】円柱－穴同軸検出部 2204 の具体的構成図である。

【図 21】平面－平面接触検出部 2203 と円柱－穴同軸検出部 2204 の処理方法を説明するための PAD 図である。

【図 22】平面－平面接触を満たす条件を説明するための図である。

【図 23】円柱－穴同軸を満たす条件を説明するための図である。

【図 24】部品 1 の平面を示す図である。

【図 25】部品 2 の平面を示す図である。

【図 26】部品 1 の穴面を示す図である。

【図 27】部品 2 の円柱面を示す図である。

【図 28】組立手順の表示例を示す図である。

【図 29】組立可能性判定部 204 の具体的構成図である。

【図 30】組立手順生成部 206 の具体的構成図である。

【図 31】分解手順メモリ 3302 に格納された分解手順データの構成図である。

【図 32】組立手順データの構成図である。

【図 33】分解部 3201 の具体的構成図である。

【図 34】チェック順の決定方法を説明するための図である。

【図 35】チェック順データの構成図である。

【図 36】接触／干渉データの構成図である。

【図 37】分解判定部 3607 の具体的構成図である。

【図 38】可動方向算出部 4002 の処理を説明するための PAD 図である。

【図 39】部品の可動方向を説明するための図である。

【図 40】干渉チェック部 4003 の処理方法を説明するための PAD 図である。

【図 41】干渉候補の検出方法を説明するための図である。

【図 42】干渉チェックの方法を説明するための図である。

【図 43】本発明の第 2 実施例を示す全体構成図である。

【図 44】本発明の第 3 実施例を示す全体構成図である。



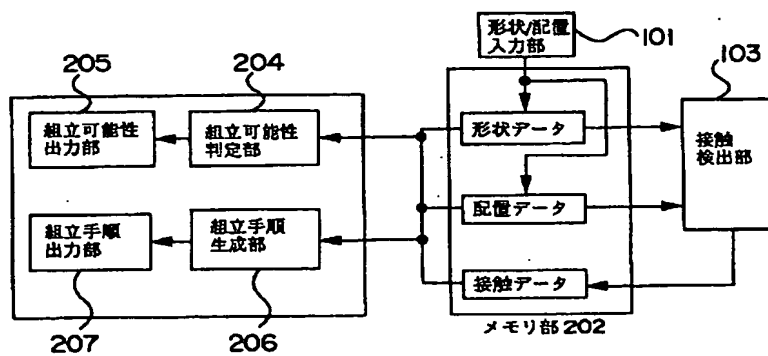
31

る。

## 【符号の説明】

- 101 形状／配置入力部  
 103 接触検出部  
 202 メモリ部  
 204 組立可能性判定部  
 205 組立可能性出力部  
 206 組立手順生成部  
 207 組立手順出力部

【図1】

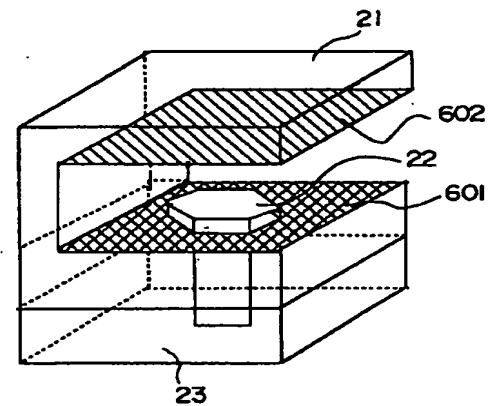


32

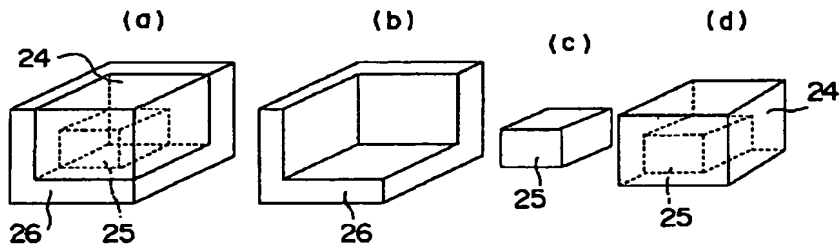
## \* 207 組立手順出力部

- 1101 接触候補検出部  
 1102 接触判定部  
 1401 最大／最小検出部  
 1402 最大／最小メモリ  
 1403 ソート部  
 1404 ソートメモリ  
 \* 1405 接触候補判定部

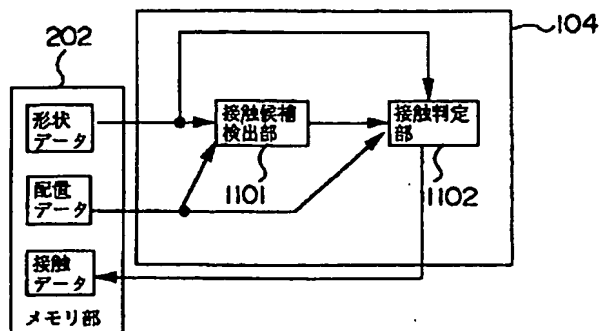
【図2】



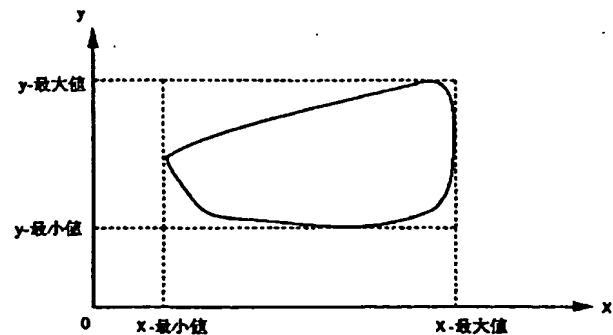
【図3】



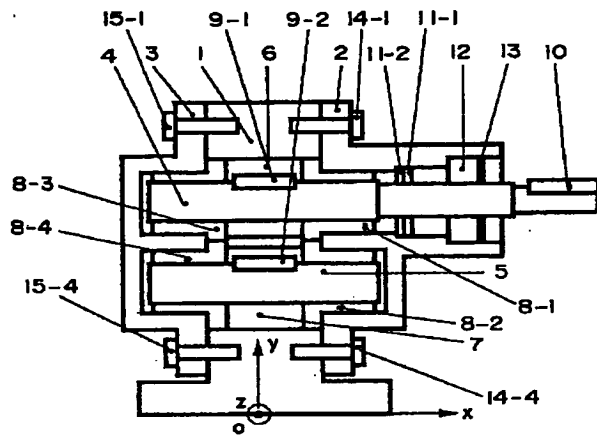
【図7】



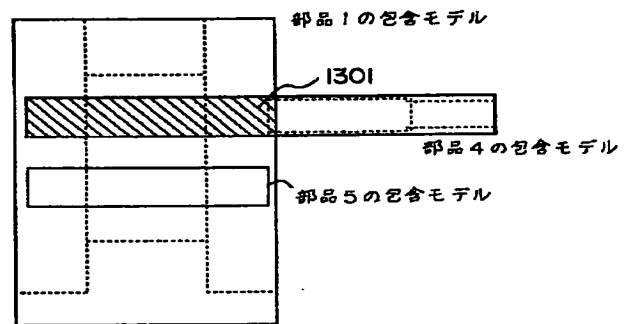
【図11】



【図 4】

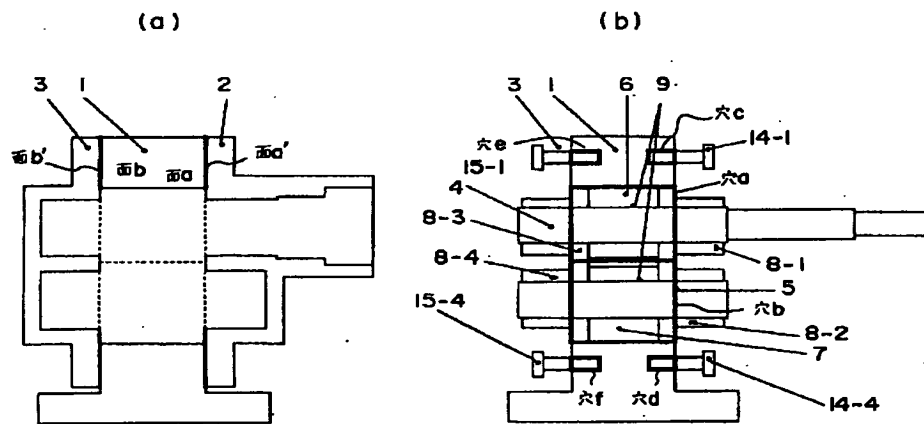


【図 9】

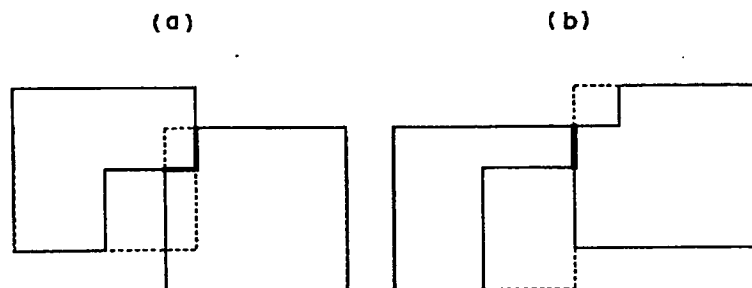
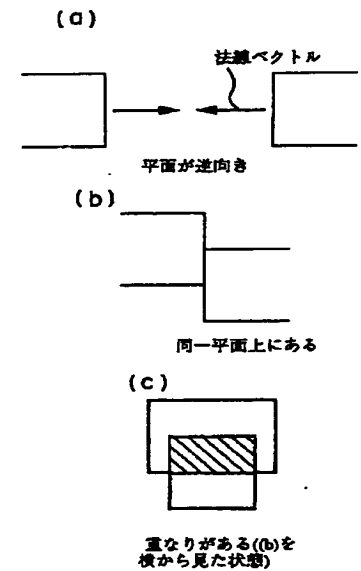


【図 5】

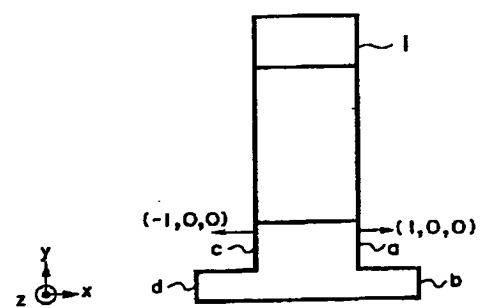
【図 2 2】



【図 8】



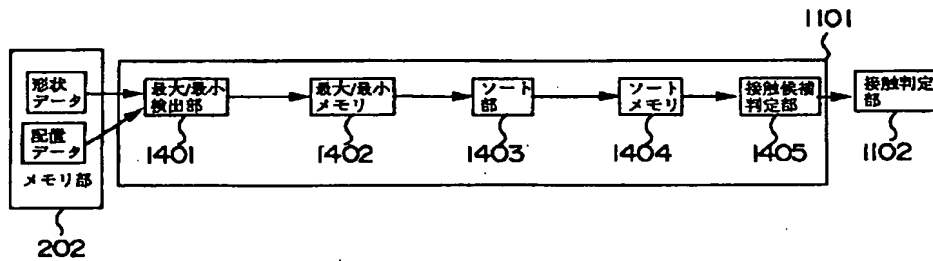
【図 2 4】



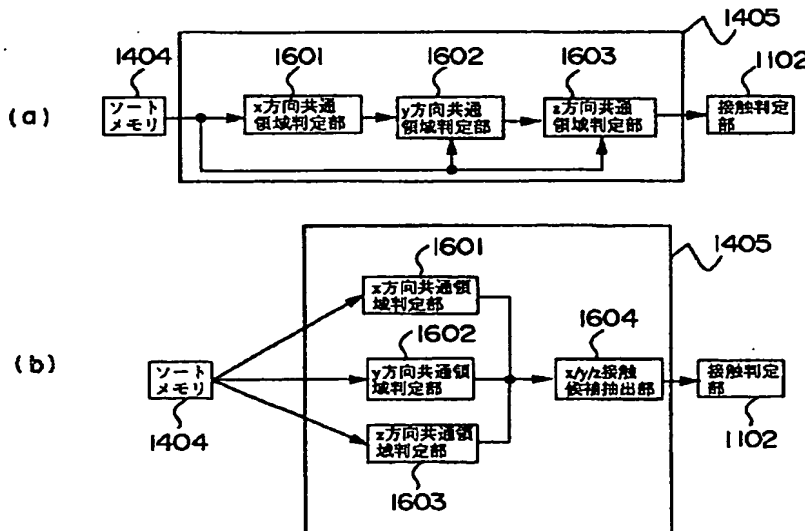
【図 6】

|                   |          |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|-------------------|----------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|--|
|                   | 904      |  |        |  |        |  |        |  |        |  | 202    |  |        |  |
| 901<br>902<br>903 | 部品1      |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | 平面-平面接触  |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | (1,0,0)  |  | 部品3    |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | (-1,0,0) |  | 部品2    |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | 内柱-穴同軸   |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | (1,0,0)  |  | 部品4    |  | 部品5    |  | 部品6    |  | 部品7    |  | 部品8-1  |  | 部品8-2  |  |
|                   |          |  | 部品8-3  |  | 部品8-4  |  | 部品14-1 |  | 部品14-2 |  | 部品14-3 |  | 部品14-4 |  |
|                   |          |  | 部品14-5 |  | 部品14-6 |  | 部品15-1 |  | 部品15-2 |  | 部品15-3 |  | 部品15-4 |  |
|                   |          |  | 部品15-5 |  | 部品15-6 |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
| 901               | 部品2      |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | 平面-平面接触  |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | (1,0,0)  |  | 部品11-1 |  | 部品12   |  | 部品14-1 |  | 部品14-2 |  | 部品14-3 |  | 部品14-4 |  |
|                   |          |  | 部品14-5 |  | 部品14-6 |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | (-1,0,0) |  | 部品1    |  | 部品8-1  |  | 部品8-2  |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | 内柱-穴同軸   |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | (1,0,0)  |  | 部品4    |  | 部品5    |  | 部品8-1  |  | 部品8-2  |  | 部品11-1 |  | 部品11-2 |  |
|                   |          |  | 部品12   |  | 部品13   |  | 部品14-1 |  | 部品14-2 |  | 部品14-3 |  | 部品14-4 |  |
|                   |          |  | 部品14-5 |  | 部品14-6 |  | 部品15-1 |  | 部品15-2 |  | 部品15-3 |  | 部品15-4 |  |
|                   |          |  | 部品15-5 |  | 部品15-6 |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | 部品15-6   |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | 平面-平面接触  |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | (1,0,0)  |  | 部品3    |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | 内柱-穴同軸   |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |        |  |
|                   | (1,0,0)  |  | 部品1    |  | 部品3    |  |        |  |        |  |        |  |        |  |

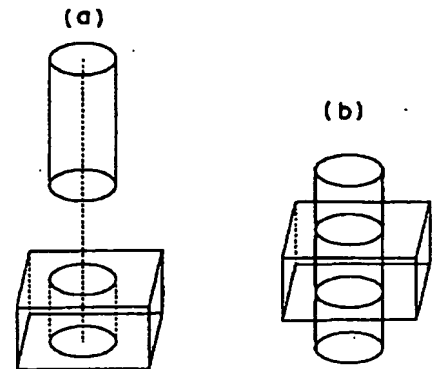
【図 10】



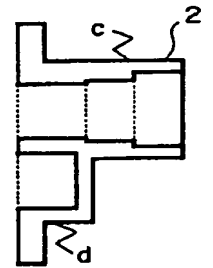
【図 14】



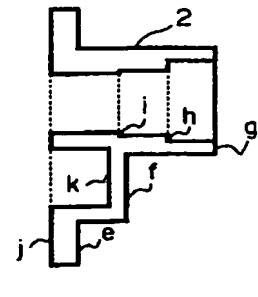
【図 23】



【図 27】



【図 25】



【図 12】

| 部品   | x方向<br>最大値 | x方向<br>最小値 | y方向<br>最大値 | y方向<br>最小値 | z方向<br>最大値 | z方向<br>最小値 |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1    | 33         | -33        | 95         | 0          | 45         | -45        |
| 2    | 63         | 15         | 95         | 12         | 30         | -30        |
| 3    | -15        | -37        | 95         | 12         | 30         | -30        |
| 4    | 88         | -30        | 71         | 59         | 6          | -6         |
| 5    | 29         | -29        | 46         | 34         | 6          | -6         |
| 6    | 10         | -10        | 79         | 51         | 14         | -14        |
| 7    | 10         | -10        | 54         | 26         | 14         | -14        |
| 8-1  | 28         | 10         | 79         | 53.5       | 14         | -14        |
| 8-2  | 28         | 10         | 51.5       | 26         | 14         | -14        |
| 8-3  | 10         | -28        | 79         | 53.5       | 14         | -14        |
| 8-4  | -10        | -28        | 51.5       | 26         | 14         | -14        |
| 9-1  | 8          | -8         | 72.5       | 68.5       | 2          | -2         |
| 9-2  | 8          | -8         | 47.5       | 43.5       | 2          | -2         |
| 10   | 88         | 70         | 70.5       | 66.5       | 2          | -2         |
| 11-1 | 43         | 39         | 75         | 55         | 10         | -10        |
| 11-2 | 38         | 35         | 75         | 55         | 10         | -10        |
| 12   | 57         | 49         | 78         | 52         | 13         | -13        |
| 13   | 58.35      | 57         | 78         | 52         | 13         | -13        |
| 14-1 | 27         | 7          | 93         | 83         | 5          | -5         |
| 14-2 | 27         | 7          | 70         | 60         | 28         | 18         |
| 14-3 | 27         | 7          | 45         | 35         | 28         | 18         |
| 14-4 | 27         | 7          | 22         | 12         | 5          | -5         |
| 14-5 | 27         | 7          | 45         | 35         | -18        | -28        |
| 14-6 | 27         | 7          | 70         | 60         | -18        | -28        |
| 15-1 | -7         | -27        | 93         | 83         | 5          | -5         |
| 15-2 | -7         | -27        | 70         | 60         | 28         | 18         |
| 15-3 | -7         | -27        | 45         | 35         | 28         | 18         |
| 15-4 | -7         | -27        | 22         | 12         | 5          | -5         |
| 15-5 | -7         | -27        | 45         | 30         | -18        | -28        |
| 15-6 | -7         | -27        | 70         | 60         | -18        | -28        |

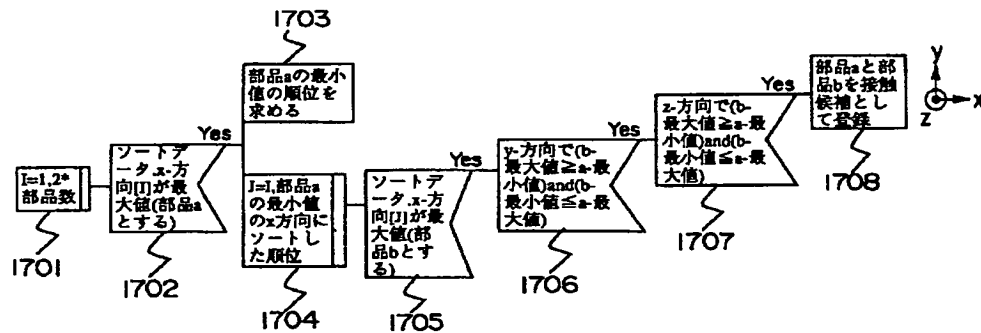
1402

【図 13】

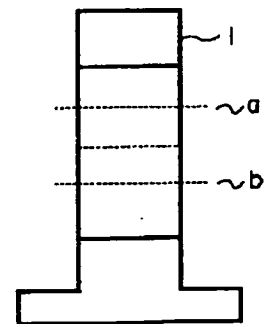
|    | x方向<br>ソートデータ | y方向<br>ソートデータ | z方向<br>ソートデータ |
|----|---------------|---------------|---------------|
| 1  | 部品 4-最大値      | 部品 1-最大値      | 部品 1-最大値      |
| 2  | 部品10-最大値      | 部品 2-最大値      | 部品 2-最大値      |
| 3  | 部品10-最小値      | 部品 3-最大値      | 部品 3-最大値      |
| 4  | 部品 2-最大値      | 部品14-1-最大値    | 部品14-2-最大値    |
| 16 | 部品 8-2-最大値    | 部品 4-最大値      | 部品 8-3-最大値    |
| 17 | 部品14-1-最大値    | 部品10-最大値      | 部品 8-4-最大値    |
| 23 | 部品 2-最小値      | 部品10-最小値      | 部品 5-最大値      |
| 33 | 部品14-4-最小値    | 部品 8-3-最小値    | 部品10-最小値      |
| 38 | 部品15-3-最大値    | 部品 6-最小値      | 部品 4-最小値      |
| 56 | 部品 3-最大値      | 部品14-4-最小値    | 部品15-5-最小値    |
| 57 | 部品 5-最小値      | 部品15-4-最小値    | 部品15-6-最小値    |
| 58 | 部品 4-最小値      | 部品 2-最小値      | 部品 2-最小値      |
| 59 | 部品 1-最小値      | 部品 3-最小値      | 部品 3-最小値      |
| 60 | 部品 3-最小値      | 部品 1-最小値      | 部品 1-最小値      |

1404

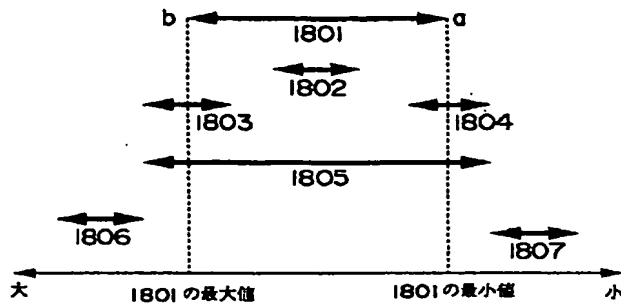
【図 15】



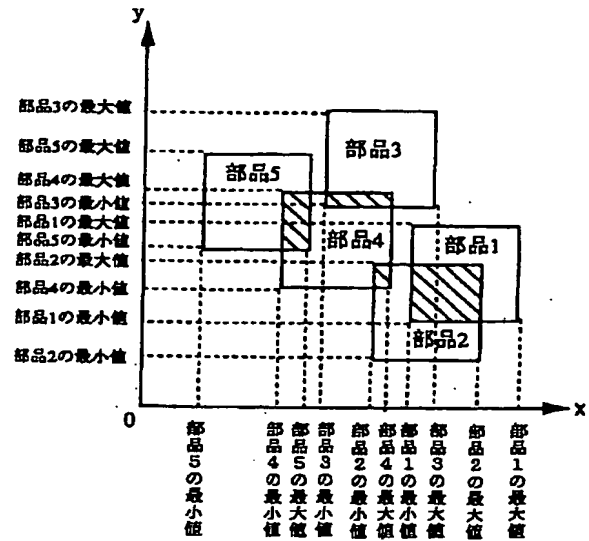
【図 26】



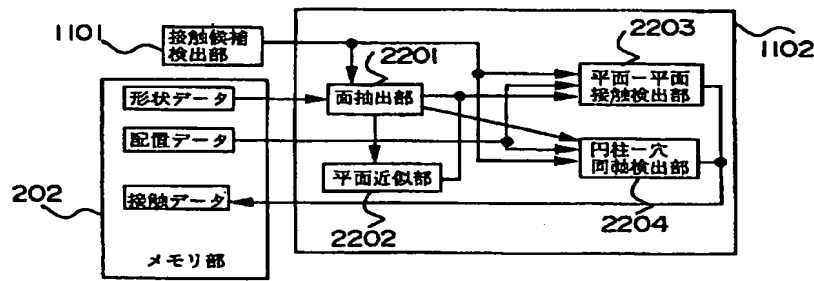
【図16】



【図17】



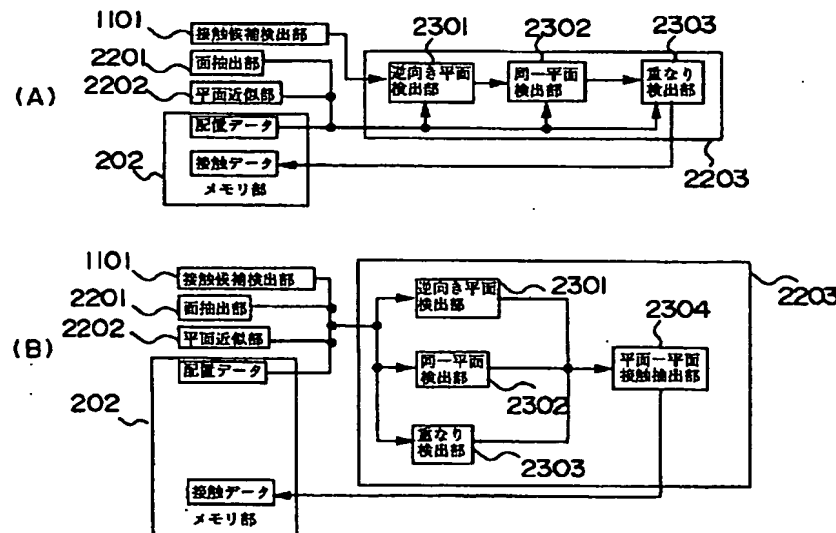
【図18】



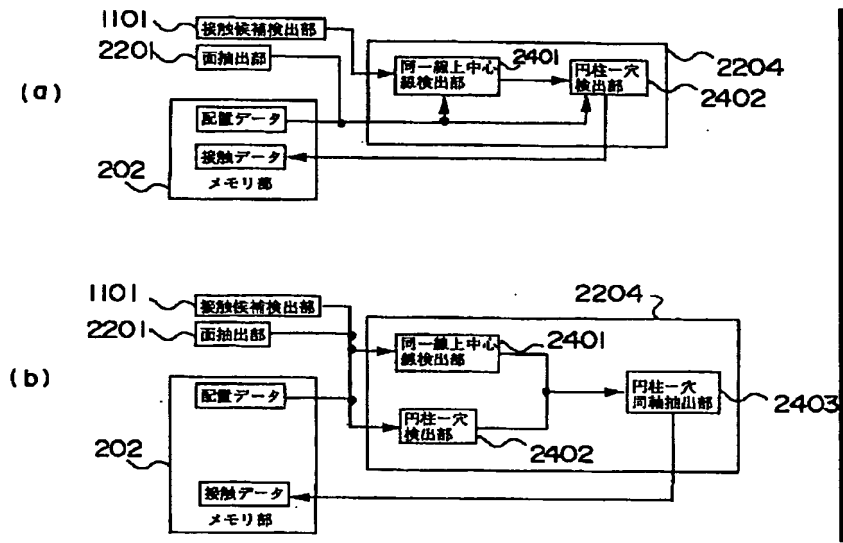
【図35】

| チェック順 | 部品   |
|-------|------|
| 1     | 10   |
| 2     | 13   |
| 3     | 12   |
| 4     | 11-1 |
| 5     | 11-2 |
| 6     | 2    |
| 7     | 3    |
| 8     | 8-1  |
| 9     | 8-2  |
| 10    | 8-3  |
| 11    | 8-4  |
| 12    | 14-1 |
| 13    | 14-2 |
| 14    | 14-3 |
| 15    | 14-4 |
| 16    | 14-5 |
| 17    | 14-6 |
| 18    | 15-1 |
| 19    | 15-2 |
| 20    | 15-3 |
| 21    | 15-4 |
| 22    | 15-5 |
| 23    | 15-6 |
| 24    | 1    |
| 25    | 4    |
| 26    | 5    |
| 27    | 6    |
| 28    | 7    |
| 29    | 9-1  |
| 30    | 9-2  |

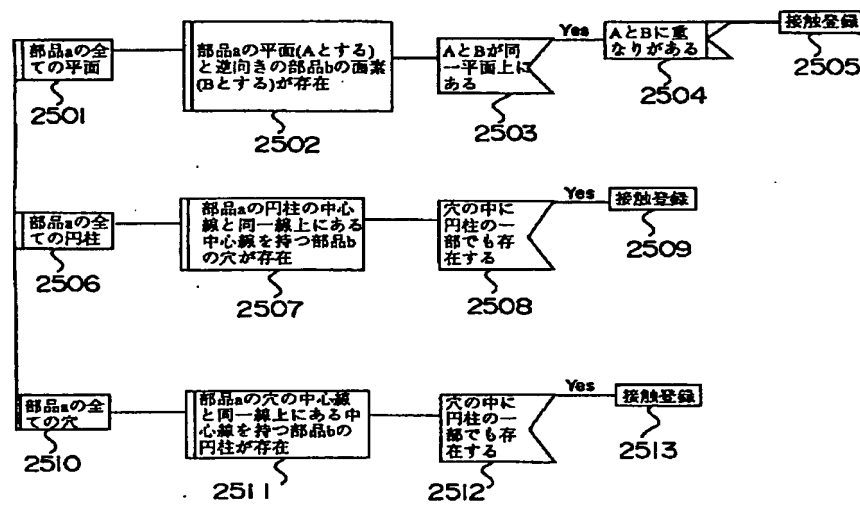
【図19】



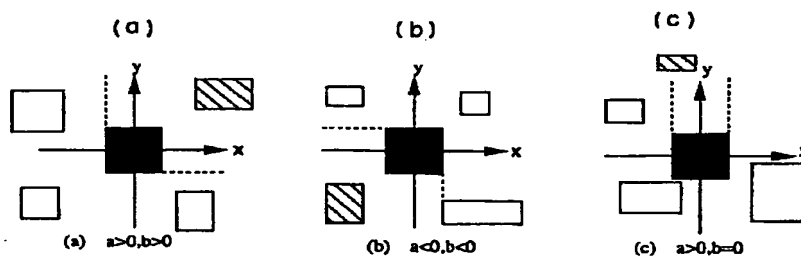
【図 20】



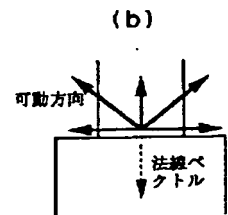
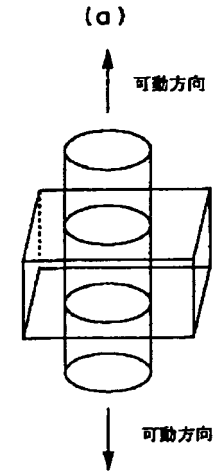
【図 21】



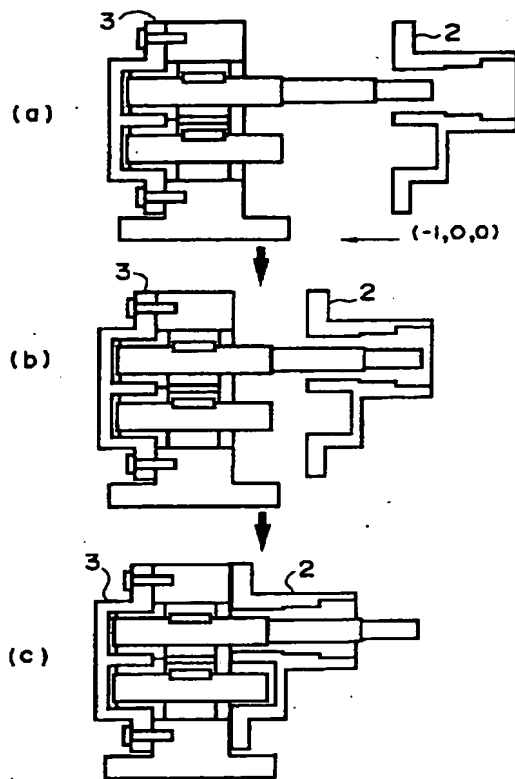
【図 41】



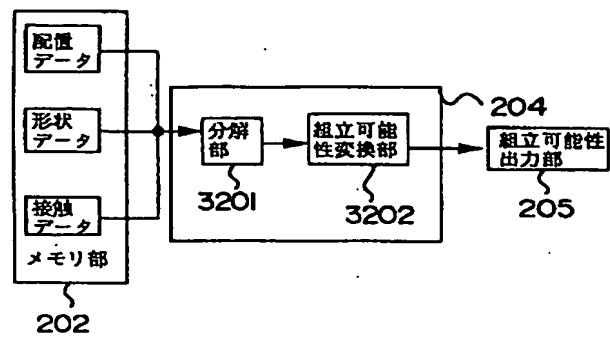
【図 39】



【図 28】



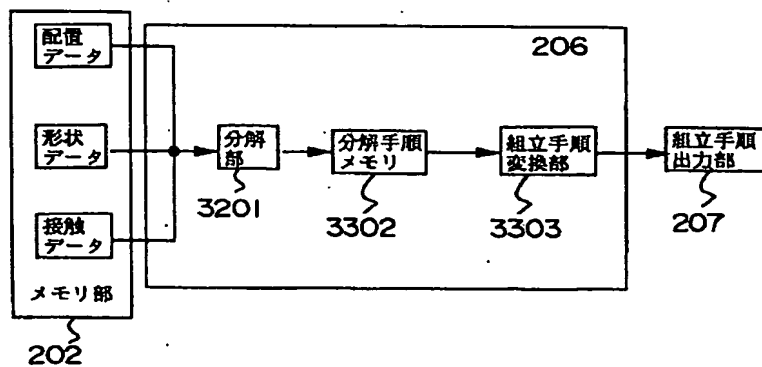
【図 29】



【図 32】

| 組立順序 | 部 品  | 組立方向       |
|------|------|------------|
| 1    | 9-2  | (-1, 0, 0) |
| 2    | 4    | (-1, 0, 0) |
| 3    | 9-1  | (0, -1, 0) |
| 4    | 5    | (0, 1, 0)  |
| 5    | 7    | (-1, 0, 0) |
| 6    | 6    | (-1, 0, 0) |
| 7    | 1    | (-1, 0, 0) |
| 8    | 8-4  | (1, 0, 0)  |
| 9    | 8-3  | (1, 0, 0)  |
| 10   | 3    | (1, 0, 0)  |
| 11   | 15-6 | (1, 0, 0)  |
| 12   | 15-5 | (1, 0, 0)  |
| 13   | 15-4 | (1, 0, 0)  |
| 14   | 15-3 | (1, 0, 0)  |
| 15   | 15-2 | (1, 0, 0)  |
| 16   | 15-1 | (1, 0, 0)  |
| 17   | 8-2  | (-1, 0, 0) |
| 18   | 8-1  | (-1, 0, 0) |
| 19   | 2    | (-1, 0, 0) |
| 20   | 14-6 | (-1, 0, 0) |
| 21   | 14-5 | (-1, 0, 0) |
| 22   | 14-4 | (-1, 0, 0) |
| 23   | 14-3 | (-1, 0, 0) |
| 24   | 14-2 | (-1, 0, 0) |
| 25   | 14-1 | (-1, 0, 0) |
| 26   | 11-2 | (-1, 0, 0) |
| 27   | 11-1 | (-1, 0, 0) |
| 28   | 12   | (-1, 0, 0) |
| 29   | 13   | (-1, 0, 0) |
| 30   | 10   | (-1, 0, 0) |

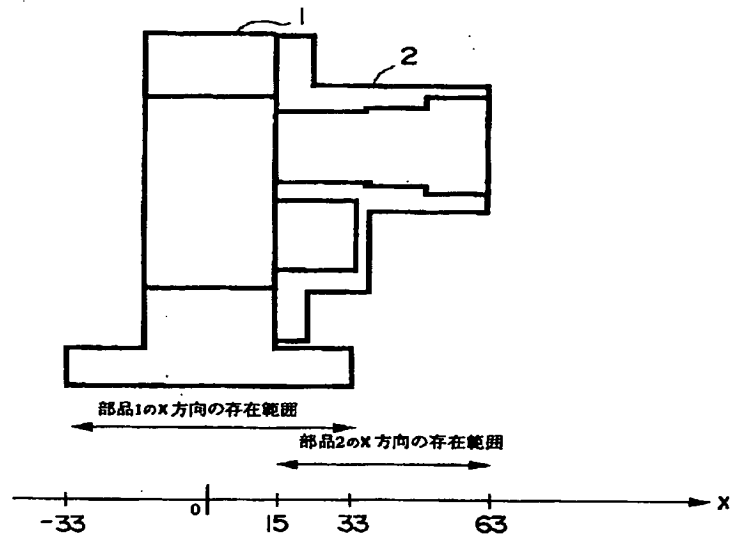
【図 30】



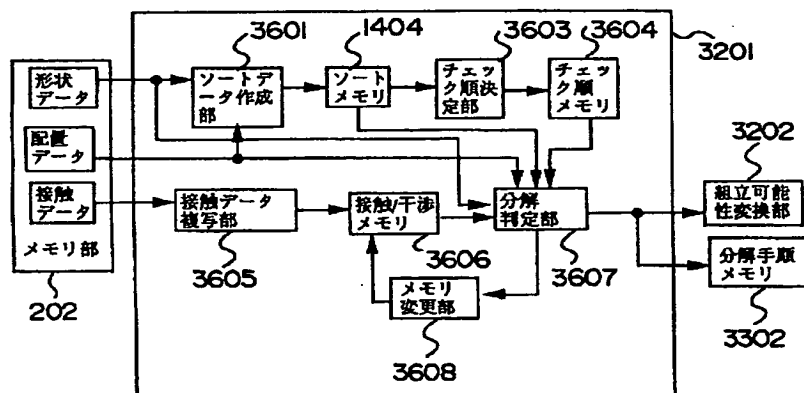
【図 3 1】

| 分解順序 | 部 品  | 分解方向     |
|------|------|----------|
| 1    | 10   | (1,0,0)  |
| 2    | 13   | (1,0,0)  |
| 3    | 12   | (1,0,0)  |
| 4    | 11-1 | (1,0,0)  |
| 5    | 11-2 | (1,0,0)  |
| 6    | 14-1 | (1,0,0)  |
| 7    | 14-2 | (1,0,0)  |
| 8    | 14-3 | (1,0,0)  |
| 9    | 14-4 | (1,0,0)  |
| 10   | 14-5 | (1,0,0)  |
| 11   | 14-6 | (1,0,0)  |
| 12   | 2    | (1,0,0)  |
| 13   | 8-1  | (1,0,0)  |
| 14   | 8-2  | (-1,0,0) |
| 15   | 15-1 | (-1,0,0) |
| 16   | 15-2 | (-1,0,0) |
| 17   | 15-3 | (-1,0,0) |
| 18   | 15-4 | (-1,0,0) |
| 19   | 15-5 | (-1,0,0) |
| 20   | 15-6 | (-1,0,0) |
| 21   | 3    | (-1,0,0) |
| 22   | 8-3  | (-1,0,0) |
| 23   | 8-4  | (-1,0,0) |
| 24   | 1    | (1,0,0)  |
| 25   | 6    | (1,0,0)  |
| 26   | 7    | (1,0,0)  |
| 27   | 5    | (0,-1,0) |
| 28   | 9-1  | (0,1,0)  |
| 29   | 4    | (1,0,0)  |
| 30   | 9-2  | (1,0,0)  |

【図 3 4】

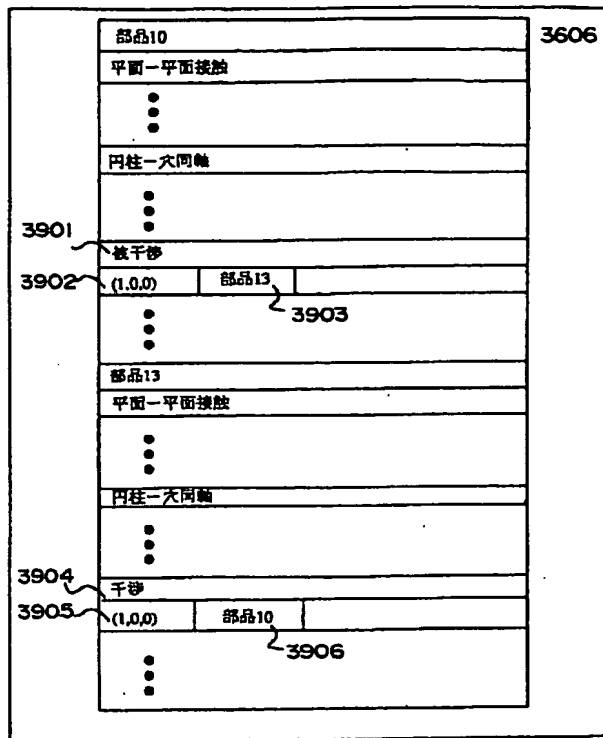


【図 3 3】

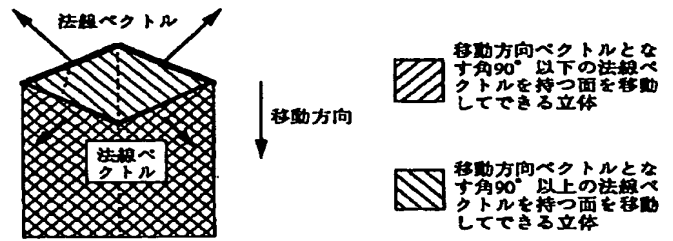




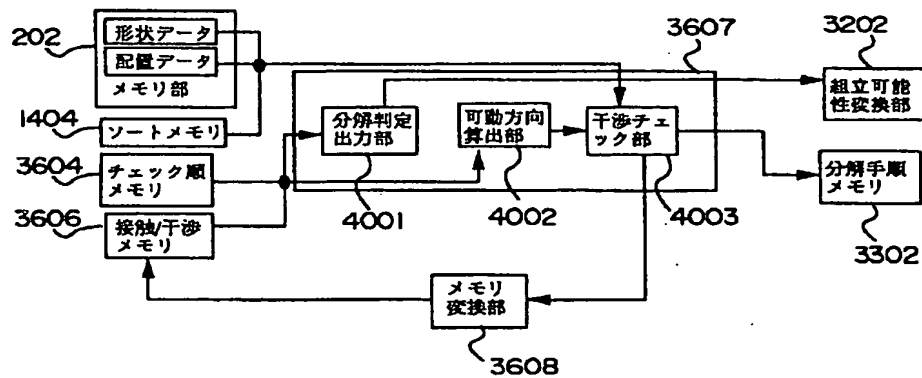
【図36】



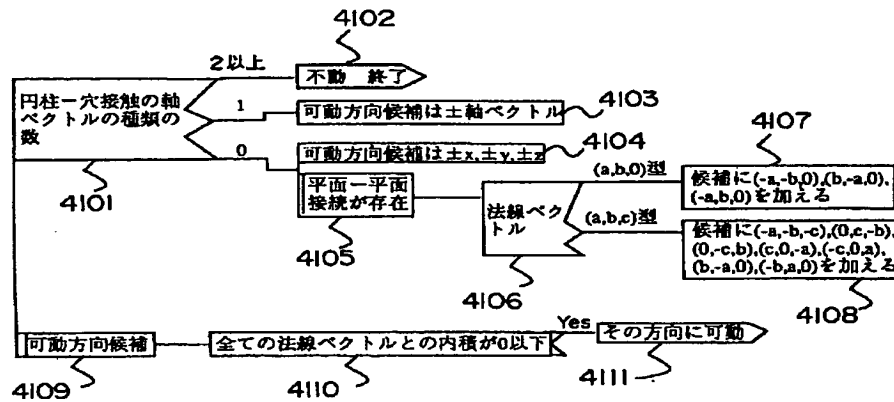
【図42】



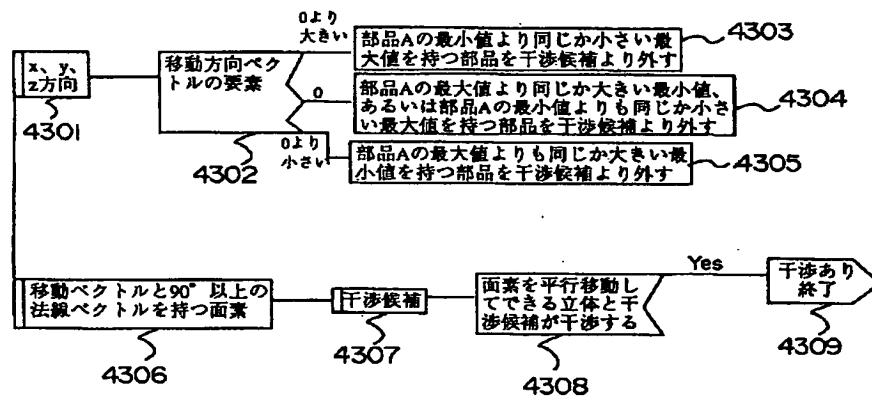
【図37】



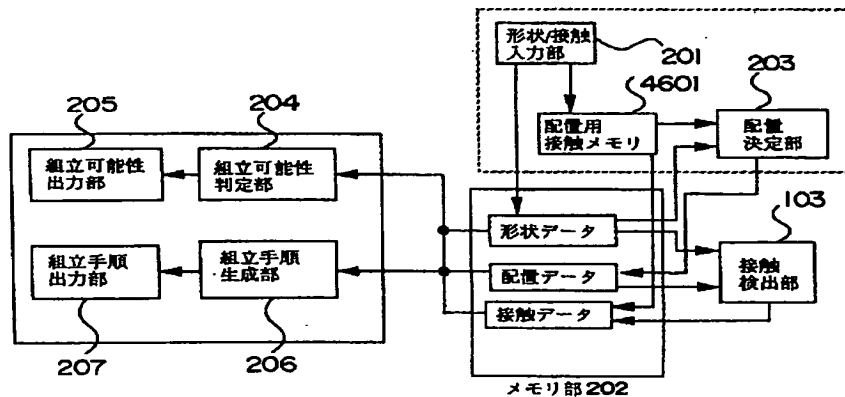
【図 38】



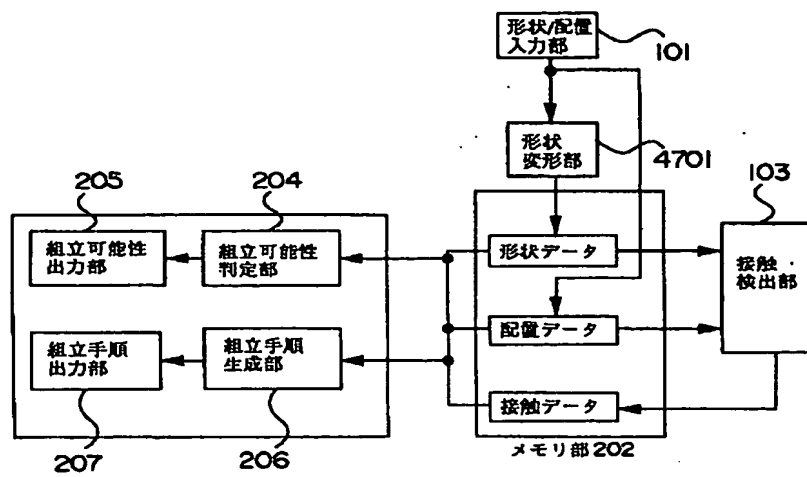
【図 40】



【図 43】



【図 4 4】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**